



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO  
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE  
RECURSOS HÍDRICOS**

**RONDON MADEIRA DE BRITO**

**ANÁLISE DO ERRO DO PARQUE DE HIDRÔMETROS:  
UNIDADES HABITACIONAIS DO CONJUNTO TENENTE COELHO II E III  
EM JUAZEIRO DO NORTE - CE**

**SUMÉ - PB  
2021**

**RONDON MADEIRA DE BRITO**

**ANÁLISE DO ERRO DO PARQUE DE HIDRÔMETROS:  
UNIDADES HABITACIONAIS DO CONJUNTO TENENTE COELHO II E III  
EM JUAZEIRO DO NORTE - CE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Área de Concentração: Regulação e Governança de Recursos Hídricos.

Linha de Pesquisa: Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos.

**Orientador:** Prof. Dr. Paulo da Costa Medeiros



B862a Brito, Rondon Madeira de.

Análise do erro do parque de hidrômetros : unidades habitacionais do Conjunto Tenente Coelho II e III em Juazeiro do Norte - CE. / Rondon Madeira de Brito. - 2021.

104 f.

Orientador: Professor Dr. Paulo da Costa Medeiros.

Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROFÁGUA.

1. Sistema de abastecimento de água. 2. Perdas aparentes - sistema de abastecimento de água. 3. Micromedição. 4. Hidrômetros. 5. Vazão de referência. 6. Classificação hidrométrica. 7. Erro - parque de hidrômetros. 8. Conjunto habitacional Tenente Coelho II e III - Juazeiro do Norte - CE. I. Medeiros, Paulo da Costa. II. Título.

CDU: 621.643.8(043.2)

**RONDON MADEIRA DE BRITO**

**ANÁLISE DO ERRO DO PARQUE DE HIDRÔMETROS:  
UNIDADES HABITACIONAIS DO CONJUNTO TENENTE COELHO II E III  
EM JUAZEIRO DO NORTE - CE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Prof. Dr. Paulo da Costa Medeiros  
Orientador – CDSA/UFCG**

---

**Prof. Dr. Camilo Allyson Simoes de Farias  
Examinador(a) interno(a) – CCTA/UFCG**

---

**Dr. Laudízio da Silva Diniz  
Examinador(a) externo(a) – CAGEPA**

**Data de aprovação: 26 de outubro de 2021.**

**SUMÉ - PB**

A todos os que me ajudaram ao longo desta difícil caminhada, em especial minha esposa e filhos.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter permitido que eu tivesse saúde e determinação em todo esse tempo de estudo para não desanimar nem desistir deste trabalho.

A minha esposa Carina Santos Ribeiro Madeira que com todo seu amor e carinho despreendeu atenção e dedicação a este trabalho, mesmo tento a sua própria dissertação a concluir e tantas outras atividades. Sempre presente ao meu lado em todas as conquistas dessa vida. me deu forças para concluir mais essa jornada.

Aos meus filhos Petrus Alexandre Santos Madeira e Davi Lucca Santos Madeira que são a razão de eu querer ser sempre uma pessoa melhor seja no âmbito pessoal ou profissional e estar sempre em busca de conhecimento para dar uma vida melhor a vocês e ensinar o máximo possível nesta vida.

A minha mãe Célia Maria Madeira de Brito e sogra Maria Janir Santos Ribeiro, sempre presentes desempenhando as demais atividades rotineiras quando a atenção tinha que ser exclusiva para este trabalho.

Ao professor Dr. Paulo da Costa Medeiros, por ter sido meu orientador e ter desempenhado tal função com dedicação e amizade mesmo em momentos de perdas difíceis que passou nessa jornada, sempre esteve presente com seu conhecimento, causos, sábios conselhos e sua alegria.

Ao corpo docente da Universidade Federal do Cariri - UFCA em especial aos professores: Hugo Morais de Alcântara, Paulo da Costa Medeiros, Camilo Allyson Simões de Farias, Ilza Maria do N. Brasileiro, Jonh Elton de Brito Leite Cunha, Carlos de Oliveira Galvão, Alecksandra Vieira de Lacerda, George do Nascimento Ribeiro e José Irivaldo Alves de Oliveira Silva pelas disciplinas lecionadas e conhecimentos repassados que contribuíram para a minha formação e para o meu crescimento profissional e humano.

A todos os amigos e colegas de curso, em especial a minha esposa Carina Santos e Nayane Maria Gonçalves Leite companheiras dos 500 quilômetros semanais e demais colegas, Léia Lobo de Souza Carvalho, Carla Isonaide Araujo da Silva, Libiane Marinho Bernardino, Danilson Correia da Silva, Moisés Correia Freitas, Layane Moura Rodrigues, Larissa Freitas Farias, Karina Bezerra de Queiroz, Fideles de Oliveira Torres, Edilaine Araujo de Moraes, Flavia Nascimento Gomes, Magda Dayse Ferreira Rangel, Jully Samara Ferreira de Carvalho, Aldair Daniel da Silva, Guthyeres Firmino Nunes, José Jefferson Barros Pires onde convivemos

intensamente todo o primeiro período, regado a muita pizza, todos me ajudaram nos estudos e nas piores e melhores fases do curso estavam do meu lado.

A servidora Christiane Laisa Leite Fragoso de Figueiredo, sempre disponível, grato pelo seu empenho em ajudar nos problemas burocráticos do programa da melhor forma possível.

Aos amigos Herbert Novais Onofre e Sávio de Brito Fontele pelas suas contribuições e correções que fizeram com que esse trabalho fosse concluído com êxito.

A colega e amiga Lidiane que sempre me ajudou e contribuiu imensamente na construção da pesquisa e do texto deste trabalho.

A companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece minha atual empregadora, operadora da área estudada, fonte dos dados desta pesquisa e financiado do experimento.

Aos colegas de trabalho que me ajudaram com orientações sobre o sistema, bem como no texto dessa dissertação.

Ao apoio para realização deste trabalho por meio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - Profágua, em nível de Mestrado, na Categoria Profissional, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

Experiência não é o que acontece com um homem; é o que um homem faz com o que lhe acontece.

Aldous Huxley



## RESUMO

O combate às perdas em um sistema de abastecimento de água é um desafio constante que as empresas de saneamento brasileiras enfrentam com grande dificuldade. Estimativas atuais conferem que 39% de toda a água tratada no país é desperdiçada, seja em perdas reais, como vazamentos, ou em perdas aparentes, ocasionadas principalmente por erros de medição. Objetivou-se neste trabalho, a análise do erro no volume das perdas aparentes nos hidrômetros, com enfoque no seu tempo de uso, localizados no Conjunto Habitacional Tenente Coelho II e III em Juazeiro do Norte – CE. Como metodologia, foi empregada a substituição, em março de 2021, de 619 hidrômetros existentes nos conjuntos habitacionais, todos com mais de sete anos de uso, por hidrômetros novos de mesma classe hidrométrica. Para um quantitativo amostral de 21 moradias, foram instalados hidrômetros em série, de modo a identificar o erro relativo entre o medidor velho, considerando medidas de 2020, com o medidor instalado em 2021. Os resultados obtidos demonstraram que o volume medido com o parque de hidrômetros novos foi inferior à demanda medida pelo parque de hidrômetros antigos. Já no grupo amostral de layout em série, o ganho volumétrico total ficou abaixo dos percentuais elencados na literatura. Esses resultados indicaram que, a ação da substituição em massa de uma determinada localidade, por medidores de mesma classe hidrométrica, deve contemplar outros fatores além da idade do parque de hidrômetros, tais como: abastecimento das residências ser de forma indireta; levantamento do perfil de consumo da população em estudo e; cálculo amostral do Índice de Desempenho de Medição – IDM. Evitando-se assim, ações que não trarão reduções das perdas aparentes e desviando possíveis esforços da companhia em ações mais interessantes para o sistema.

**Palavras-chave:** Perdas aparentes, Água não faturada, Micromedição.

## ABSTRACT

Combating losses in a water supply system is a constant challenge that Brazilian sanitation companies face with great difficulty. Current estimates show that 39% of all treated water in the country is wasted, either in real losses, such as leaks, or in apparent losses, mainly caused by measurement errors. The objective of this work was to analyze the error in the volume of apparent losses in hydrometers, focusing on their time of use, located in the Tenente Coelho II and III Housing Complex in Juazeiro do Norte – CE/Brazil. To this end, as a methodology, the replacement, in March 2021, of 619 existing water meters in housing developments, all with more than seven years of use, by new water meters of the same hydrometric class was used. For a sample quantity of 21 houses, hydrometers were installed in series, in order to identify the relative error between the old meter, considering measurements from 2020, with the meter installed in 2021. The results obtained showed that the volume measured with the park of new water meters was lower than the demand measured by the number of old water meters. In the group with a series layout sample, the total volumetric gain was below the percentages known in the literature. These results indicated that the action of total replacement, in a given location, by meters of the same hydrometric class, must consider other factors besides the time of use of the hydrometers, such as: supply of homes to be indirectly; survey of the consumption profile of the study population and; sample calculation of the Measurement Performance Index. Thus, avoiding actions that will not bring reductions in apparent losses and diverting possible efforts of the company in actions that are more interesting for the system.

**Keywords:** Apparent losses, Non-revenue water, Metering.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema do modelo Geral de um Sistema de Abastecimento de Água .	23
Figura 2 – Perdas Hídricas em diversos países.....	25
Figura 3 – Esquema de um SAA com setores de abastecimento.....	27
Figura 4 – Modelo do sistema de micromedição.....	28
Figura 5 – Medidor taquimétricos unijato .....	37
Figura 6 – Medidor taquimétricos multijato .....	37
Figura 7 – Medidor volumétrico .....	38
Figura 8 – Curva de erros dos hidrômetros.....	39
Figura 9 – Modelo de abastecimento predial misto.....	43
Figura 10 – Gráfico Erro X Tempo .....	45
Figura 11 – Fluxograma metodológico.....	46
Figura 12 – Mapa de localização geográfica da área de estudo.....	47
Figura 13 – Plantas Baixa dos Blocos Pav. Térreo e Superior do Conjunto Tenente Coelho.....	48
Figura 14 – Plantas Baixa dos Blocos Pav. Térreo e Superior do Conjunto Tenente Coelho.....	49
Figura 15 – Captura de tela da página Ceará Transparente com a solicitação de dados.....	51
Figura 16 – Solicitação da abertura das ordens de serviços .....	52
Figura 17 – Aprovação da abertura das ordens de serviços.....	53
Figura 18 – Fotos (A, B, C e D) da criação do protótipo da ligação em série .....	54
Figura 19 – Registros fotográficos (A, B, C e D) da execução das substituições .....	56
Figura 20 – Registros fotográficos (A, B, C e D) da execução da instalação dos medidores em série.....	58
Figura 21 – Erros de medição de hidrômetros segundo Fourniol, 2004 .....	64
Figura 22 – Somatório do volume micromedido no TC II.....	66
Figura 23 – Somatório do volume micromedido no TC III.....	67
Figura 24 – Somatório do volume micromedido no TC II e III.....	67
Figura 25 – Gráfico do resultado da variação volumétrica por apartamento do TC II e III .....	68

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Leituras e erros dos medidores em série .....	63
Tabela 2 – Quadro Resumo dos resultados.....	69
Tabela 3 – Orçamento das substituições dos hidrômetros no TC II e III .....	71
Tabela 4 – Comparativo de faturamento 2020 x 2021 .....	72

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características gerais das perdas.....	29
Quadro 2 – Evolução dos Indicadores .....	32
Quadro 3 – Classificação dos medidores de água em classes metrológicas (m <sup>3</sup> /h) (ABNT, 2002) .....	40
Quadro 4 – Perfil de consumo médio segundo ABNT NBR 15538.....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABES** – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
- ANA** – Agência Nacional de Água e Saneamento Básico
- ARCE** – Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados Estado do Ceará
- CAGECE** – Companhia de Água e Esgoto do Ceará
- CAPES** – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CDSA** – Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido
- COGERH** – Companhia de Gestão de Recursos Hídricos
- DMC** – Distrito de Medição e Controle
- DNOCS** – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
- FUNASA** – Fundação Nacional de Saúde
- FUNCEME** – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
- INMETRO** – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
- IPECE** – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
- IPT** – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
- IWA** – International Water Association
- ODS** – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
- ONU** – Organizações das Nações Unidas
- PEAD** – Polietileno de Alta Densidade
- PISF** – Projeto de Integração do Rio São Francisco
- PMSB** – Plano Municipal de Saneamento Básico
- PMSS** – Programa de Modernização do Setor de Saneamento
- PNCDA** – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
- PNRH** – Política Nacional de Recursos Hídricos
- PROÁGUA** – Programa de Desenvolvimento Sustentável de Recursos Hídricos
- PVC** – Policloreto de Vinil
- RMC** – Região Metropolitana do Cariri
- RMF** – Região Metropolitana de Fortaleza
- SAA** – Sistema de Abastecimento de Água
- SAAE** – Serviço Autônomo de Água e Esgoto
- SEPLAG** – Secretaria de Planejamento e Gestão

**SIDRA** – Sistema IBGE de Recuperação Automática

**SISAR** – Sistema Integrado de Saneamento Rural

**SNIRH** – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

**SNIS** – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

**SRH** – Secretaria de Recursos Hídricos

**SUDENE** – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

**TC** – Tenente Coelho

**UFCG** – Universidade Federal de Campina Grande

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>21</b>
2.1 GERAL .....	21
2.2 ESPECÍFICOS .....	21
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>22</b>
3.1 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	22
3.2 PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	24
<b>3.2.1 Conceitos relacionados</b> .....	<b>27</b>
<b>3.2.2 Classificação</b> .....	<b>28</b>
<b>3.2.3 Indicadores adotados</b> .....	<b>31</b>
3.3 A MICROMEDIÇÃO DE ÁGUA NOS CENTROS URBANOS.....	34
<b>3.3.1 A importância da micromedição e conceitos</b> .....	<b>35</b>
<b>3.3.2 Os hidrômetros e seus princípios de funcionamento</b> .....	<b>36</b>
<b>3.3.3 Vazões de referência e classificação hidrométricas</b> .....	<b>39</b>
<b>3.3.4 Índice de desempenho de medição – IDM</b> .....	<b>41</b>
3.4 INFLUENCIADORES DO ERRO DE SUBMEDIÇÃO .....	42
<b>3.4.1 Baixas vazões e o uso de reservatórios com válvula de boia.</b> .....	<b>43</b>
<b>3.4.2 Tempo de uso do hidrômetro</b> .....	<b>44</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>46</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	47
4.2 SOLICITAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS DADOS INICIAIS. ....	50
4.3 SOLICITAÇÃO DA ABERTURA DAS ORDENS DE SERVIÇO.....	52
4.4 CRIAÇÃO DO CAVALETE MODELO EM SÉRIE. ....	53
4.5 GRUPO AMOSTRAL PARA HIDRÔMETROS EM SÉRIE. ....	55
4.6 SUBSTITUIÇÃO DOS HIDROMETROS.....	56
4.7 INSTALAÇÃO DOS HIDROMETROS EM SÉRIE.....	57
4.8 CÁLCULO DO ERRO DA AMOSTRA DAS LIGAÇÕES EM SÉRIE.....	58



4.9 PROSPECÇÃO DO NOVO VOLUME MICROMEDIDO APÓS SUBSTITUIÇÕES.....	59
4.10 ANÁLISE DOS NOVOS VOLUMES E SEU IMPACTO NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO E RETORNO FINANCEIRO .....	60
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>62</b>
5.1 ANÁLISE DO ERRO DA AMOSTRA DAS LIGAÇÕES EM SÉRIE.....	62
5.2 NOVO VOLUME MICROMEDIDO APÓS SUBSTITUIÇÕES DOS HIDROMETROS .....	65
5.3 ANÁLISE DOS NOVOS VOLUMES E SEU IMPACTO NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO E RETORNO FINANCEIRO .....	70
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>74</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO A .....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXO B .....</b>	<b>86</b>
<b>APENDICE A – Modelo de ligação em série .....</b>	<b>87</b>
<b>APENDICE B – Produto .....</b>	<b>88</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água, substância química, maior parte fluida de todos os seres, principal elemento do ciclo hidrológico, recurso natural renovável, porém hoje considerado como finito (CARNEIRO, 2007), que esteve presente em todos os marcos do desenvolvimento civilizacional humano, objeto de procura em sistemas solar/planetários como indicador de possível existência de vida (MOTTTL *et al.*, 2007).

Diante da sua importância e conhecendo a carência de disponibilidade na forma doce (ONU, 2020), vê-se o valor desse bem e a necessidade de preservação do mesmo a fim de mitigar os efeitos da má distribuição e escassez. De acordo com Von Sperling (1996), a disponibilidade de água, cada vez mais, não está de acordo com o consumo da população.

O Brasil é privilegiado sendo o país que desfruta da maior disponibilidade de água doce do mundo, especialmente por causa das bacias da Amazônia, Uruguai e Paraguai abrigando cerca de 13,7% da água doce do mundo, deste (ANA, 2017), contudo, a não uniformidade de sua distribuição e carência de gestão, faz com que esta nação não se encontra livre dos problemas de escassez hídrica e desabastecimento público.

Problema recorrente não apenas em regiões isoladas de baixa disponibilidade hídrica (a exemplo do semiárido nordestino), mas em vários aglomerados urbanos e regiões metropolitanas, a exemplo do sistema Cantareira em São Paulo onde as demandas por água, conseqüentes do crescimento urbano, muitas vezes não são atendidas ante as disponibilidades insuficientes. Diante disso, programas de combate ao desperdício de água devem ser parte integrante de planos estratégicos governamentais, visando a sustentabilidade dos recursos hídricos no país (BORGES, 2007).

O Ceará, entre outros estados da sub-região do Sertão nordestino, encontra-se quase que na totalidade inserido no semiárido (FUNCEME, 2017; SUDENE, 2017), predominantemente, no bioma caatinga (MORO *et al.*, 2015), região geoclimática que favorece os conflitos de uso da água e estresse hídrico. Em 2019 houve o maior número de registros de conflitos pela água, por ocorrências de destruição e ou poluição, impedimento ao acesso à água, diminuição do acesso à água e ameaça de aproximação (CONFLITOS NO CAMPO, 2019).

Conflitos esses decorrentes de secas severas que frequentemente assola o estado, em especial, na última década, entre os anos de 2010 e 2016, neste período apenas o ano de 2011 apresentou registro do volume médio de chuva acima da Normal Climatológica Estadual que é de 800,6mm (FUNCEME, 2021), acarretando forte comprometimento dos reservatórios que em 2016 chegaram a um percentual médio de apenas 9,6% em todo o estado (COGERH, 2021).

Para mitigar esses conflitos, o estado do Ceará recebeu considerável incremento na oferta hídrica, desde junho de 2020, as águas do Projeto de Integração do Rio São Francisco – PISF. Idealizado desde a época do império, a transposição teve o seu primeiro projeto no fim da década de 1970 (IPEA, 2011), iniciou suas obras 2005 e 15 anos depois, no dia 20 de junho de 2020, o eixo norte teve sua operação iniciada (GOVERNO DO BRASIL, 2020). Esse trecho do PISF alimentará o Cinturão das Águas – CAC, obra estadual que inicialmente distribuirá o incremento importado nas regiões hidrográficas do Salgado, Baixo e Médio Jaguaribe e a Região Metropolitana de Fortaleza – RMF e em fim de projeto prevê incremento em todas as sub-bacias do estado garantindo segurança hídrica (RODRIGUES, 2016).

Acreditando-se que a oferta de água estará garantida nessa região, as políticas públicas poderão focar esforços na preservação das bacias envolvidas, no uso consciente, bem como no combate às perdas na distribuição de água potável que no Ceará são na ordem de 43% (SNIS 2019), problemas estes que podem se tornarem ainda maiores que a própria disponibilidade.

A importância da água potável para a humanidade foi reforçada pela ONU em que a mesma declarou, em Assembleia Geral, conforme Resoluções Nº. 64/292 de 2010 (UN, 2010a; UN, 2010b) e Nº. 70/169 (UN, 2016), que o acesso à água potável é um direito humano essencial ao pleno gozo da vida e de todos os outros direitos. Nacionalmente tem-se a Lei 11.445/2007 que prevê, nos seus princípios fundamentais, que a universalização do acesso ao saneamento básico deve ser garantida. Porém, o índice de abastecimento total de água no Brasil é de 83,7%. Ainda deve-se levar em conta que este percentual está alavancado pela região sul e sudeste do país, avaliando apenas a região norte, vê-se um percentual de apenas 57,5% (SNIS 2019).

Esta universalização não será conquistada apenas com incremento de oferta de água, será necessário também bastante investimento financeiro para ampliar a rede de distribuição, como para manutenção e reestruturação da rede já existente nos

centros urbanos. Uma estratégia eficiente para a captação de recursos que apresenta resultados eficazes na: otimização da distribuição de água potável; Identificação das perdas não físicas; e na conservação do volume de água nos reservatórios, trata-se da instalação e manutenção de parque de hidrômetros como instrumento de cobrança nos setores de abastecimento. Tal ação influencia o consumo consciente, pois o cliente teme o desperdício que será pago bem como a concessionária consegue identificar os volumes utilizados e combatê-los quando estiverem fora da faixa de *per capita* normal.

Em contramão a esses identificadores verifica-se que ainda existe 11,5% de unidades consumidoras no Nordeste sem micromedição (SNIS, 2019). A inexistência ou mau funcionamento dos micromedidores acarreta consequências negativas no sistema, a exemplo: os usuários, quando não identificam-se o volumes de água registrados (adita-se aqui incentivo ao uso racional), muitos passam a consumir indiscriminadamente; perdas quantitativas, através da não identificação de possíveis vazamentos ocultos intradomiciliares ou mesmo, se existe outro imóvel utilizando-se da água que passa por seu ramal de ligação e, conseqüentemente, perdas em monetárias/taxas, confrontando com o Princípio Jurídico do Usuário Pagador e com o segundo objetivo da Lei 9.433/97 que rege pela utilização racional dos recursos hídricos.

Desta forma, o volume de água distribuído para abastecer determinada localidade sem dispositivos de medição acaba sendo maior que o necessário, provocando muitas vezes o desperdício e a escassez deste recurso em localidades próximas com tais ferramentas. Nesses casos aumentar o volume ofertado em um sistema não seria uma solução adequada, pois as perdas cresceriam juntas. Como instrumento de gestão dos recursos hídricos, os hidrômetros apresentam influência principalmente na correta operação de distribuição da água, no auxílio ao não desperdício e na cobrança justa do consumo desse recurso, sendo assim um dispositivo indispensável.

Existem também localidades onde os medidores estão presentes, porém eles não estão em conformidade com a Portaria 246/2000 do Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial – INMETRO, órgão que determina as especificações que os dispositivos devem atender. Uma das orientações da Portaria cita-se que os medidores devem ser substituídos em um prazo não superior a cinco anos. Isso se deve a sua perda de capacidade de medição. Quando isso não ocorre,

uma parcela considerável do volume de água que entra nas unidades consumidoras não é contabilizada, fazendo com que esses volumes sejam inseridos nas perdas não físicas do sistema.

Diante deste contexto, pretende-se com este trabalho quantificar e analisar as perdas de águas não físicas em um conjunto habitacional, pertencentes a um sistema público de abastecimento urbano, subsidiando-se a companhia gestora, na proporção dos impactos negativos no sistema, e propondo diretrizes para minimizar essas perdas aparentes, combatendo uma de suas principais componentes: a submedição dos hidrômetros causadas pelo tempo de uso. Sendo, portanto, essa uma alternativa financeiramente viável às empresas prestadoras de serviços de saneamento para a melhoria do desempenho dos serviços prestados.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Analisar a influência dos erros dos hidrômetros domiciliares nas perdas não físicas, com enfoque no seu tempo de uso localizados no Conjunto Habitacional Tenente Coelho II e III em Juazeiro do Norte - CE

### 2.2 ESPECÍFICOS

- Prospectar os volumes micromedidos dos conjuntos no ano de 2020;
- Acompanhar as instalações e substituições dos hidrômetros novos nas unidades habitacionais dos conjuntos;
- Calcular o erro do medidor velho em relação ao novo com instalação em série *in loco*;
- Avaliar a influência no novo volume micromedido nos conjuntos após substituições;
- Calcular o retorno sobre o investimento – ROI e verificar a viabilidade financeira das substituições para aplicação em outras localidades com características semelhantes.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O Sistema de Abastecimento de Água – SAA inicialmente é compreendido por um conjunto de estudos que trarão diretrizes, parâmetros e definições para caracterizar o sistema a ser projetado, muitas vezes antecedido de um diagnóstico técnico e ambiental, e por vezes de um Plano Diretor da bacia hidrográfica da área de estudo. Os principais elementos para a sua concepção incluem o dimensionamento prévio das unidades consumidoras e demais parâmetros básicos intervenientes (TSUTIYA, 2008).

O abastecimento de água tornou-se uma prioridade para os países desenvolvidos e/ou em desenvolvimento do mundo. Sem o abastecimento de água garantido qualquer processo produtivo, bem como a subsistência da população podem ser prejudicados, diante disto o funcionamento dos sistemas não podem sofrer colapso em seu funcionamento.

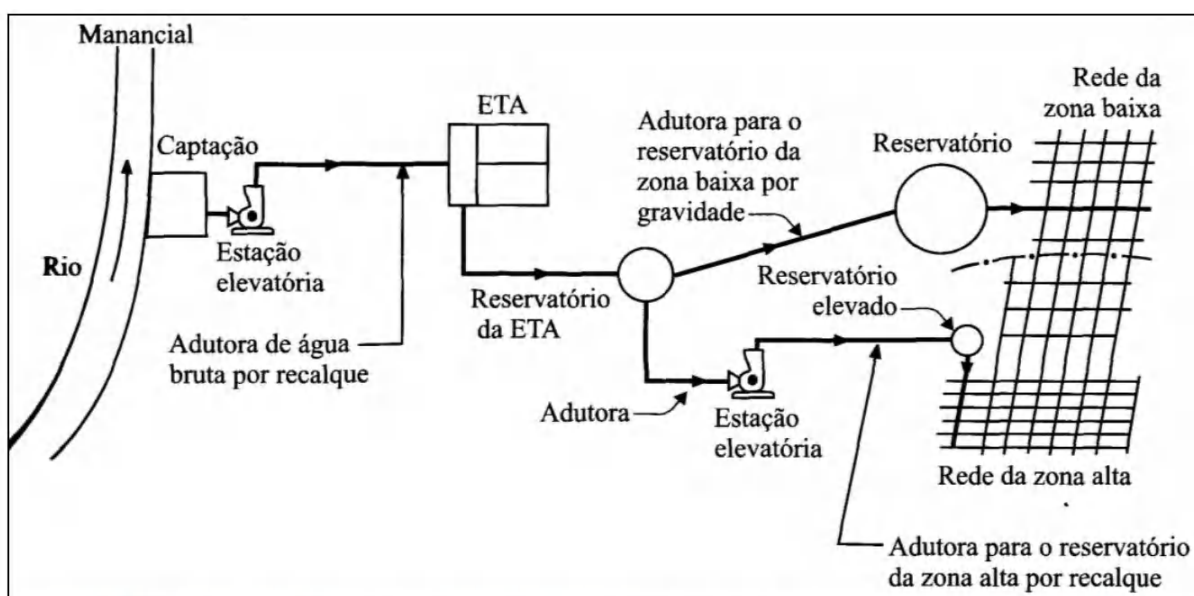
O objetivo principal de um SAA é o fornecimento de água com qualidade, quantidade e pressão correspondente, conforme as legislações vigentes. A Portaria N° 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde, no art. n° 25, afirma que “...a rede de distribuição de água para consumo humano deve ser operada sempre com pressão positiva em toda sua extensão.” (BRASIL, 2011), para atender a todos os usuários envolvidos. Já a NBR 12.218 (ABNT, 2017) que trata de Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público, rege que a pressão dinâmica mínima de abastecimento deve ser de 100 kPa o equivalente a aproximadamente 10 metros de coluna de água – mca, e a máxima estática não ultrapassar 500 kPa.

Também atendendo a esta NBR a Resolução N° 130 de 25 de março de 2010 da Reguladora dos Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará – ARCE que disciplina o relacionamento da Companhia estadual com os usuários do sistema de abastecimento estabelece no seu art. 120 que:

Art. 120 - O fornecimento de água deverá ser realizado mantendo uma pressão dinâmica disponível mínima de 10 mca (dez metros de coluna de água) referida ao nível do eixo da via pública, em determinado ponto da rede pública de abastecimento de água, sob condição de consumo não nulo. § 1º - A pressão estática máxima não poderá ultrapassar a 50 mca (cinquenta metros de coluna de água) referida ao nível do eixo da via pública, em determinado ponto da rede pública de abastecimento de água, sob condição de consumo nulo.

O sistema de abastecimento de água compreende desde a sua captação no manancial superficial, ou através de águas profundas, estação elevatória, adutora, estação de tratamento, reservatório, rede de distribuição, até as ligações domiciliares (FUNASA, 2017; SALVINO, 2009; DUARTE, 2018). Segundo Orsini, 1996 para que o Sistema de Abastecimento de água consiga atender aos usuários envolvidos se faz necessário a existência de alguns equipamentos, ilustrados na Figura 1. A existência de um ou mais elementos ilustrados dependerá do tamanho e complexidade do sistema de abastecimento em questão.

Figura 1 – Esquema do modelo Geral de um Sistema de Abastecimento de Água



Fonte: Orsini (1996).

Lista-se como principais equipamentos:

- Manancial (Superficial ou subterrâneo);
- Captação;
- Estação Elevatória de Água Bruta – EEAB;
- Adutora de água bruta;
- Reservatório apoiado – RAP
- Estação de Tratamento de Água – ETA;
- Estação Elevatória de Água Tratada – EEAT
- Reservatório Elevado – REL
- Rede de Distribuição de Água – RDA



Da captação até um ponto de utilização dentro de uma residência a água passa por vários processos. Existem, em cada uma destas etapas perdas inerentes que são inevitáveis mesmo em sistemas considerados eficientes ocorrendo perdas por falhas de processos ou infraestrutura, estas últimas devem ser combatidas. Koo *et al* (2015) lista quatro pontos que prejudicam a sustentabilidade do abastecimento da água são elas: 1) aumento das rupturas da rede de água, 2) diminuição dos recursos de água doce, 3) uso de água sem receita não rastreável e 4) aumento da demanda de água.

Essas perdas fazem com que nem todo o volume que é captado consiga, chegar até a sua destinação final elevando o volume inicialmente projetado em todas as etapas.

### 3.2 PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A infraestrutura do sistema é essencial para o abastecimento de água, pois garantem a operação do sistema e permite avaliar se as atividades de desempenho e manutenção do sistema de água estão sendo bem conduzidas, a partir de então é possível determinar onde ocorrem as perdas possibilitando o seu controle para melhoria no abastecimento (TARDELLI FILHO, 2016).

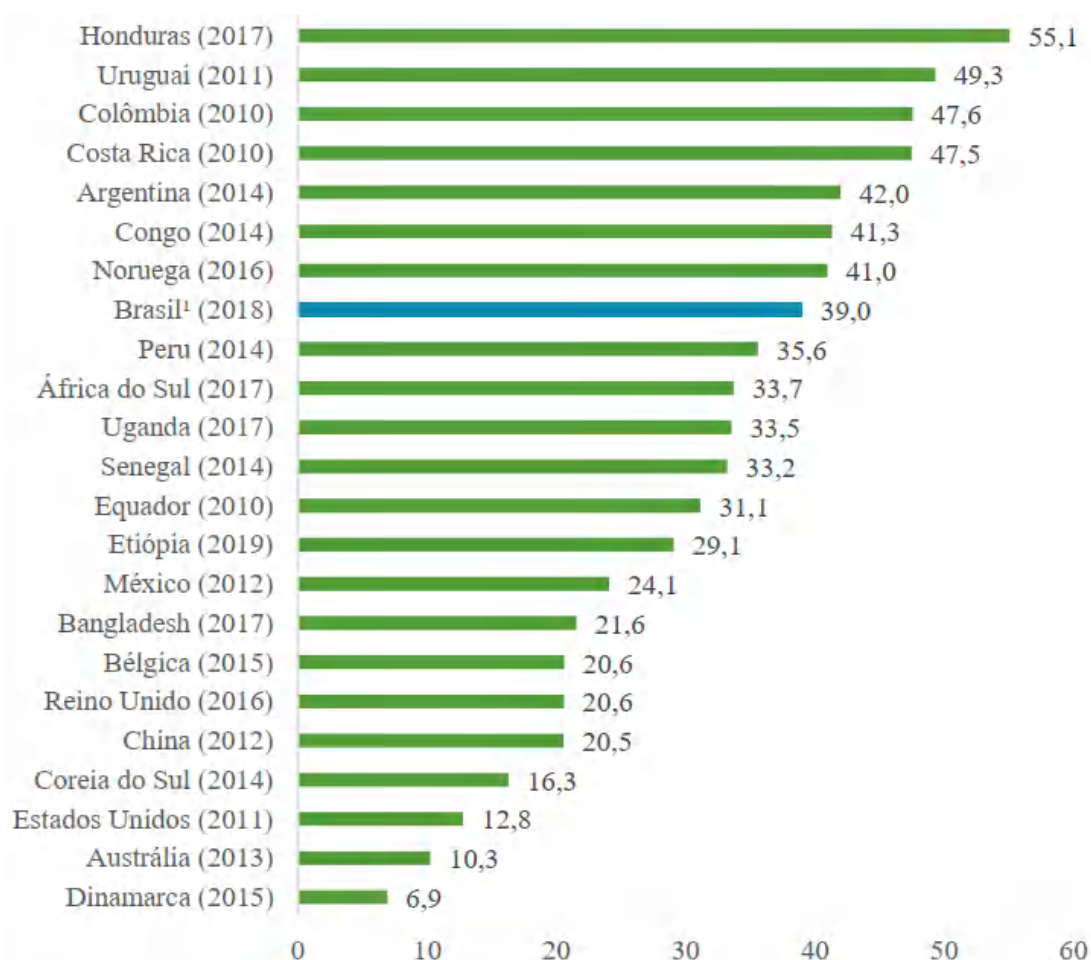
Mesmo com avanços significativos de melhorias na infraestrutura no abastecimento de água, o combate às perdas de água em sistemas de distribuição representa-se como um dos desafios para os governantes e gestores das concessionárias de saneamento. De uma maneira geral, mundialmente ocorre o não aproveitamento/faturamento pelo uso da água em função das perdas - ineficiência do sistema de abastecimento. (CARVALHO, *et al*, 2004).

A escassez hídrica confere um dos temas mais discutidos em conferências e encontros de grandes líderes mundiais (ONU, 2018; ONU, 2019a), embate tão desafiador não diferente de outros Objetivos do Desenvolvimento sustentável - ODS (BRASIL, 2015; UM, 2015), sendo fundamental para as necessidades humanas como segurança alimentar e agricultura sustentável - Objetivo 2, este, infelizmente, reconhecido pela própria ONU, longe de ser alcançado ONU (2019b), consequência de fatores como à difusa distribuição dos recursos hídricos no planeta, degradação quantitativa e qualitativa, carência de gestão e de uso racional por parte dos usuários sobre fontes cada vez mais demandadas, seja em atividades rurais ou urbanas.

As perdas de água são um problema mundial, Silva (2005) percebeu que, em tempo de sua pesquisa, países como Singapura, Suíça e Alemanha, são referências de controle desses índices em seus sistemas, mostrando indicadores com média de 7%. Porém outros países também desenvolvidos como Grã-Bretanha, Taiwan e Hong Kong não conseguem manter suas médias baixas e tem perdas próximas de 25%, percentual que está acima da média de nações desenvolvidas, que são de 20%. Via de regra quanto mais desenvolvido é o país melhores são os resultados dos seus indicadores de perdas.

Observa-se na Figura 2 um benchmarking internacional do nível percentual de perdas hídricas nos sistemas de abastecimento de 23 países.

Figura 2 – Perdas Hídricas em diversos países



Fonte: Trata Brasil (2020).

Para alavancar a necessidade de melhor controle das perdas e de outros apontadores sustentáveis, a Organização das Nações Unidas – ONU, definiu no ano

de 2015, 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS. Dentre eles pode-se ressaltar o Objetivo 6, que relaciona em seu tema os indicadores a disponibilidade, a gestão e retiradas de água sustentáveis e o aumento da eficiência do uso para reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez hídrica (BRASIL, 2015).

Outros Objetivos importantes e correlatos são os 11, 12 e 16. O ODS 11 aborda sobre cidades e comunidades sustentáveis, o ODS 12 traz sobre o consumo e produção responsáveis, combater as perdas em um sistema de abastecimento é atender a esses dois objetivos. O último, ODS 16, intitulado de Paz, Justiça e Instituições Eficazes também se correlaciona quando pede em suas metas para desenvolver instituições eficazes, responsáveis e transparentes em todos os níveis.

Outras ações que buscam um mundo no qual a água seja administrada de maneira sábia, sustentável e equitativa, são as desenvolvidas pela International Water Association – IWA, que serviram de inspiração para o projeto Brasileiro COM+ÁGUA que busca apropriar-se da moderna experiência nacional e internacional, para a melhoria do desempenho operacional dos sistemas de abastecimento, notadamente do corpo metodológico voltado para o combate às perdas de água (PMSS, 2015).

Junto a todos os problemas sustentáveis que as perdas hídricas proporcionam, temos também o grande impacto financeiro que esse desperdício acarreta. Santos e Montenegro (2014) afirmam que do ponto de vista ambiental, as perdas de água prejudicam o uso racional dos recursos hídricos, pois eleva o volume de captação para atender a demanda dos usuários e em termos econômicos provocam prejuízos no faturamento, tornando a operação dos sistemas bastante onerosa.

Estima-se que o volume global de água não faturada, termo em inglês conhecido como non-revenue water – NRW, seja de 346 milhões de metros cúbicos por dia o equivalente a 126 bilhões de metros cúbicos por ano. Se considerarmos o custo médio de apenas 31 centavos de dólar por metro cúbico, o custo/valor da água perdida chega a US \$ 39 bilhões por ano (R. Liemberger & A. Wyatt, 2019).

As perdas são objeto de considerável interesse nos processos de gestão, pois impactam os indicadores de desempenho das empresas de saneamento (SILVA JÚNIOR, 2017). Estudos do Trata Brasil (2020) mostram que o Brasil, em 2018, desperdiçou 6,5 bilhões de metros cúbicos de água em seus sistemas acarretando-se perda de 12 bilhões de reais em faturamento para as empresas detentoras das concessões.

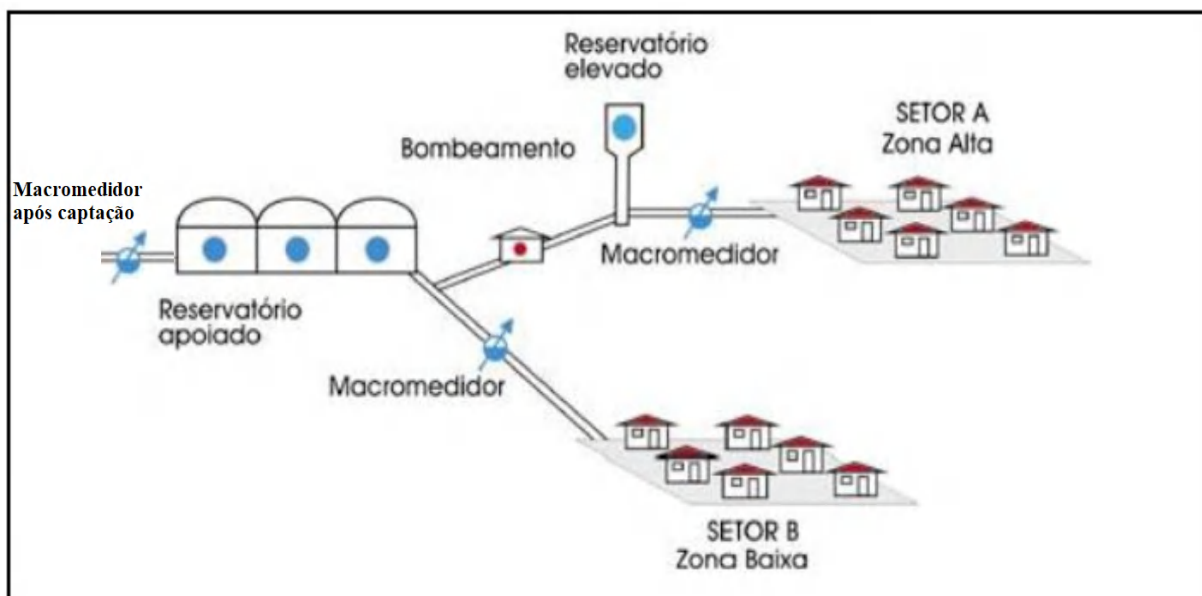
Esse valor corresponde à mesma cifra que foi investida nesse mesmo ano pelo Governo Federal, ou seja, reduzir as perdas é gerar receita para mais investimento. Para entender melhor a correlação entre as perdas hídricas e as perdas financeiras faz-se necessário conhecer alguns conceitos básicos.

### 3.2.1 Conceitos relacionados

Macromedição é a referência principal da apuração dos volumes produzidos e disponibilizados à distribuição e micromedição é o volume de água na entrada dos consumidores finais (ABES, 2015).

Em um sistema de abastecimento de água, conforme ilustrado na Figura 3, pode-se ter mais de um macromedidor, separando o sistema em setores menores e com isso conseguir identificar as perdas neles, elevando a capacidade de identificação dos problemas causados pelas perdas bem como de tomadas de decisões mais precisas.

Figura 3 – Esquema de um SAA com setores de abastecimento

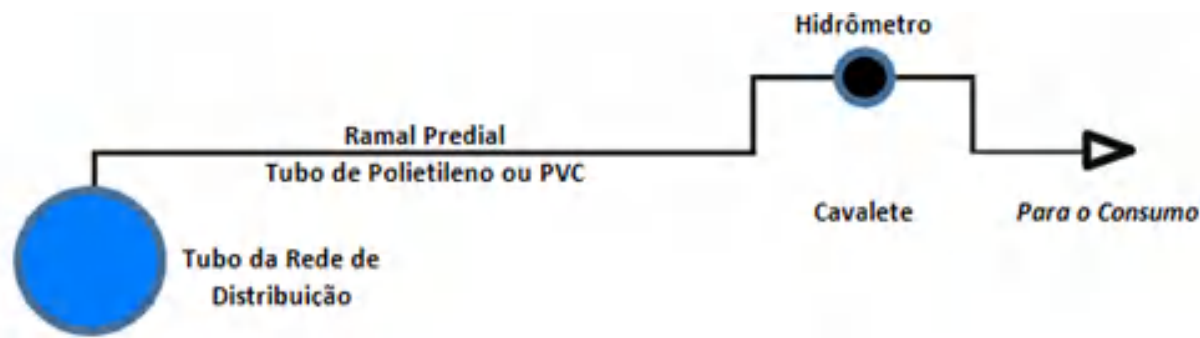


Fonte: Gonçalves e Lima (2007).

Para Tardelli Filho (2016) as “perdas” retratam a diferença entre o que se disponibilizou no tubo da rede de distribuição para o abastecimento de água tratada (macromedição) e o somatório do que se mediu em todos os hidrômetros dos usuários finais (micromedição).

Na Figura 4 observa-se um modelo esquemático dos ramais de ligações onde a micromedidação acontece e ilustra os equipamentos envolvidos, atualmente o material mais utilizado no ramal predial é o PEAD.

Figura 4 – Modelo do sistema de micromedidação



Fonte: Tardelli Filho (2016).

O Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA define como perdas os volumes de água não contabilizados em um sistema. Já a FUNASA (2014) define perdas como “toda perda real ou aparente de água ou todo o consumo não autorizado que determina aumento do custo de funcionamento ou que impeça a realização plena da receita operacional”.

### 3.2.2 Classificação

No sistema de abastecimento de água, as perdas podem ser classificadas como físicas, também denominadas perdas reais e as não físicas ou aparentes. As perdas reais são visíveis, caso dos vazamentos nas tubulações seja ela rede ou ramais, extravasamentos e/ou limpeza de reservatórios, descargas de rede, já as perdas aparentes se dão por problemas de gestão, sendo elas comerciais, fraudes de usuários e por defeitos ou erros dos equipamentos de medição (KUSTERKO, 2015).

As perdas reais possuem maior grau de dificuldade de controle pois em sua maioria as ações para o seu reparo são onerosas e tem um retorno duvidoso se não forem realizadas com critérios e controles técnicos rígidos (SILVA *et al.*, 2004). Elas estão associadas a todos os tipos de fissuras, rompimentos e extravasamentos ocorridos no sistema, desde a rede de abastecimento, nos reservatórios e nas ligações prediais, (CUNHA *et al.*, 2021).

KUSTERKO (2015) avaliou que as perdas aparentes são diretamente ligadas ao sistema de medição, elas acarretam grande preocupação para as companhias de saneamento pois muitas dessas perdas são difíceis de serem localizadas. Neste mesmo estudo também pode-se constatar que essas perdas podem ser ocasionadas por intervenções fraudulentas, falhas ou desatualizações cadastrais, parque de hidrômetros com idade ultrapassada, falta de calibração/manutenção, erros ou falta de medição.

Silva et al (2019) abordam que as principais causas de perdas no sistema são provenientes da imprecisão do medidor, ou seja, erro na leitura do medidor ou consumo não autorizado tais como: furto, *bypass*, conexões ilegais.

Observa-se no Quadro 1 o resumo dos principais atores envolvidos, ações causadoras das perdas hídricas físicas e não-físicas e algumas consequências causadas nos sistemas de abastecimento de água organizado por Tsutiya (2006), e adaptada para este estudo.

Quadro 1 – Características gerais das perdas

Item	Perdas física	Perdas não-físicas
Tipo de ocorrências mais comum	Vazamentos	Erros de medição
Custos associados ao volume de água perdido	Custos de produção da água tratada	Valor cobrado no varejo ao consumidor
Efeito no meio ambiente	Desperdício de recursos naturais e maiores impactos ambientais devido à necessidade de ampliação da exploração dos mananciais	Redução indireta do volume consumido
Efeito na saúde pública	Riscos de contaminação	Não é relevante
Ponto de vista empresarial	Perda do produto industrializado (água tratada)	Perda elevada de receita
Ponto de vista do consumidor	Imagem negativa da empresa associada ao desperdício e ineficiência	Não é uma preocupação imediata
Efeitos finais no consumidor	Repasse de custos à tarifa e desincentivo ao uso racional da água	Repasse de custos à tarifa e incentivo à fraudes

Fonte: Tsutiya (2006).

Para Silva (2015) as perdas que são causadas por fraudes estão diretamente associadas a fatores sociais, culturais, influências políticas, financeiras, institucionais e organizacionais. Agravando-se ainda, atenta-se que as soluções não resumem apenas a uma questão de infraestrutura física, necessitando-se também da reeducação ambiental.

As perdas no abastecimento de água devem ser solucionadas e combatidas pelo sistema local onde há indícios de sua existência, através de planejamento e organização da concessionária (SILVA *et al*, 2016), pois geram um desperdício dos recursos públicos. A redução dos gastos referentes às perdas proporcionaria maior rendimento ao sistema, tal ônus poderia ser direcionado para melhoria na infraestrutura e expansão da rede (SOBRINHO, 2016).

Patrício (2007), afirma que a responsabilidade e a necessidade de redução das perdas, é atribuição da companhia, visto que evitando-as, reduz-se o volume de água tratada, há economia de uso de produtos químicos e reduz as despesas referentes à energia e de manutenção de equipamentos.

Devido os custos produtivos e de adução, o preço do metro cúbico da água tratada distribuída sempre será maior, quando comparada com a água bruta, por isso é de extrema importância o controle das perdas aparentes (MELATO, 2010).

De acordo com Salamoni (2014) sempre haverá perdas no sistema de abastecimento, pois não existe um sistema com perda nula, mas afirma que o Brasil não pode continuar com a cultura de desperdiçar recursos hídricos e financeiros, que são escassos e seguir convivendo com índices elevados de fugas d'água e quedas de receita.

Como forma de obrigar as operadoras dos sistemas de distribuição de água a reduzirem as suas perdas, o Governo Federal publicou em Diário Oficial da União no dia 22 de março de 2021 a Portaria 490 que diz em seu 1º artigo que “A alocação de recursos públicos federais e os financiamentos com recursos da União ou com recursos geridos ou operados por órgãos ou entidades da União ficam condicionados ao cumprimento de índice de perda de água na distribuição”, logo o não atendimento a redução das perdas, conforme parâmetros da Portaria, acarretará na não obtenção de recursos para futuros investimentos.

### 3.2.3 Indicadores adotados

A perda de água é considerada como um dos principais indicadores de desempenho operacional dos prestadores de serviço público de abastecimento de água em todo o mundo (SOBRINHO, 2016). Os indicadores têm por objetivo quantificar a informação, tornando seu significado mais aparente, facilitando a comunicação, são descritivos, não explicativos, mas que facilita a comparação dos dados coletados (MIRANDA, 2002).

Para Santi *et al* (2018), o indicador é uma ferramenta importante que incentiva uma gestão baseada no cumprimento de metas, mensurando a variabilidade e corrigindo a operação de um processo. O autor ainda afirma que o indicador é uma ferramenta importante que incentiva uma gestão no cumprimento de metas, mensurando a variabilidade e corrigindo a operação de um processo.

No âmbito internacional, instituição responsável pela publicação de indicadores de desempenho do sistema de abastecimento de água é a International Water Association – IWA, com o objetivo de padronizar os termos e posteriormente realizar a comparação do desempenho de sistemas em todo o mundo (PERTEL, *et al*, 2016). No Brasil os indicadores são fornecidos pelas concessionárias operadoras dos sistemas, que em sua maioria são estatais e alocados na plataforma do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, vinculado à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério do Desenvolvimento Regional (SNSA) (SANTI, *et al*, 2018).

Em 2019 de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o índice de perdas na rede de distribuição, para as concessionárias de serviços de alcance regional, apresentou tendência ascendente e atingiu o percentual de 39,6% (SNIS, 2019). Muitas são as unidades de medidas que caracterizam as perdas d'água, as três principais adotadas pelo SNIS são as que medem em porcentagem, em litros/ligação.dia e em m<sup>3</sup>/km.dia. Os indicadores foram sendo adaptados mediante a cada situação e época, como observa-se no Quadro 2.



Quadro 2 – Evolução dos Indicadores

Época	Sistemática de mensuração das perdas	Observação e tendências
Até o ano de 2000	Perda em %, segundo Sistemática não padronizada	Sistemática abandonada, dado o fato deste indicador ter influência do consumo per capita e por impossibilitar comparações entre Autarquias
De 2000 a 2006	Perda em litros/ligação.dia, com ênfase no Indicador (fonte: SISPERDAS da SABESP).	Sistemática adotada a partir de perdas específicas (por ligação ativa ou Km de rede)
A partir de 2006	Surgem indicadores de perdas reais e aparentes	Dificuldade na aplicação, salvo exceções praticadas por algumas organizações de saneamento

Fonte: adaptado pelo autor de FUNASA (2014).

Tardelli Filho 2016, lista quatro principais indicadores para acompanhar e avaliar as perdas de um determinado sistema de abastecimento de água:

- Indicador Percentual (IP);
- Indicador Técnico (IT), em L/ligação.dia;
- Índice de Vazamentos da Infraestrutura (IVI), adimensional;
- Índice de Perdas Aparentes (IPA), adimensional

Santos (2013), define o IP como o Indicador Percentual que relaciona o volume total disponibilizado (VD) com o volume utilizado (VU), na parcela do volume utilizado estão inclusos: o volume micromedido, volume recuperado, volume operacional e o volume especial, representado pela seguinte Equação 1:

$$IP (\%) = \frac{VD - VU}{VD} \times 100 \quad (1)$$

O autor ainda, aborda o índice de perdas no faturamento (IPF) também conhecido como índice de água não-faturada (IANF), que corresponde à perda no faturamento, que depende da política tarifária da empresa, calculada pela Equação 2, em que o VF é Volume Faturado, ou seja, todos os volumes de água que foram medidos, estimados ou contratados com a companhia pelas ligações ativas de uma determinada localidade:

$$IPF = IANF (\%) = \frac{VD - VF}{VD} \times 100 \quad (2)$$

Outros três indicadores descritos pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES (2015): o Indicador Técnico - IT, que se refere à infraestrutura da rede de distribuição, a extensão da rede ou o número de ramais (ou ligações); o Índice de Vazamentos da Infraestrutura – IVI, é o indicador para Perdas Reais, relaciona o volume atual de Perdas Reais em um sistema com o volume considerado "inevitável", o qual depende da pressão média do sistema e; o Índice de Perdas Aparentes – IPA, correspondente ao volume atual de Perdas Aparentes do sistema com um valor referencial, adotado como 5% do volume micromedido.

Atualmente o SNIS e a Portaria 490 do Governo Federal classificam como os principais indicadores de perdas: o Índice de perdas na distribuição, que possui o código (IN049), medido em percentual e; o Índice de perdas por ligação, com código (IN051), medido em litros por ligação ao dia.

O IN049 é o indicador da água perdida na distribuição, em relação à água produzida, calculado conforme o glossário de indicadores do SNIS 2019, como vê-se na Equação 3:

$$IN049 = \frac{(AG006 + AG018) - AG010 - AG024}{(AG006 + AG018) - AG024} \times 100 \quad (3)$$

Em que:

- (AG006) é volume de água produzido;
- (AG010) é o volume de água consumido;
- (AG018) é volume de água tratada importado;
- (AG024) é volume usado para atividades operacionais e especiais

Já o IN051 avalia as perdas de água, considerando o número de ligações ativas de água, o que confere ao indicador melhores condições de medir 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. É calculado pela Equação 4:

$$IN051 = \frac{(AG006 + AG018) - AG010 - AG024}{AG002} \times \frac{1.000.000}{365} \quad (4)$$

Em que:

- (AG002) é a média aritmética do número de ligações ativas no ano de referência com o ano anterior.
- (AG006) é volume de água produzido;
- (AG010) é o volume de água consumido;
- (AG018) é volume de água tratada importado;
- (AG024) é volume usado para atividades operacionais e especiais

Com esses indicadores, é possível avaliar as perdas de água no país em diferentes níveis de agregação, desde o próprio prestador de serviços, até agrupamentos por tipo de prestador de serviço, sejam eles companhias estatais, SAAE's ou privadas, unidade da federação, macrorregião geográfica e a totalização nacional (SNIS, 2019).

### 3.3 A MICROMEDIÇÃO DE ÁGUA NOS CENTROS URBANOS

A micromedição sempre foi utilizada, desde a época da civilização romana, no combate ao desperdício de água, de forma a garantir o abastecimento do maior número de pessoas (MENDONÇA, 1975). Existem relatos que na Alemanha e na Inglaterra, nos anos de 1850, já se fazia uso de hidrômetros velocimétricos, enquanto os hidrômetros volumétricos passaram a ser usados na França e Bélgica a partir de 1872 (SILVA, 2008).

Com esse breve histórico vê-se como a micromedição é uma atividade essencial há muitos anos. Usada no controle para a redução de perdas aparentes, inibindo o desperdício por parte dos clientes, bem como, fornecendo dados sobre os volumes consumidos. A micromedição é a ferramenta utilizada para se fazer a cobrança real dos volumes consumidos. Com ela também é possível avaliar o comportamento e as tendências dos usuários ao longo de um determinado período.

### 3.3.1 A importância da micromedição e conceitos

No sistema de abastecimento de água, o estágio final, é a micromedição dos consumidores. Realizada através de medidores individuais para pequenas vazões (SANTOS, 2013). A micromedição é a mensuração do consumo no ponto de abastecimento de determinado imóvel, que não depende de sua categoria ou média de consumo, ou seja, a micromedição compõe-se pela medição periódica do volume consumido utilizando-se hidrômetros (SOARES, 2015).

A micromedição torna-se importante para o sistema de abastecimento, pois trata-se de um monitor do consumo dos usuários, possibilitando uma cobrança mais justa pelo serviço prestado (RODRIGUES, 2014). O usuário é cobrado pelo valor medido, ou seja, quanto mais água consumida pelo imóvel, maior será o valor a ser cobrado a empresa responsável pelo abastecimento de água local, dessa forma faz com que haja um cuidado maior com desperdícios (OLIVEIRA, 2019).

Aguiar (2019) enfatiza que micromedição de consumo consiste no cálculo dos volumes de água que dão entrada nos consumidores finais seja elas residências, imóveis comerciais e indústrias, a coleta destes volumes são realizados por meio de leituras periódicas nos hidrômetros instalados.

Rodrigues (2014) aborda que:

“A micromedição também auxilia na determinação das características físicas de funcionamento dos sistemas, subsidiando os planos de expansão, previsão de aumento de demanda e de manutenção preventiva e, em especial, na determinação da parcela de perdas físicas dos sistemas de distribuição, permitindo avaliar as tendências de consumo por parte dos usuários e assim estabelecer projeções e formular cenários futuros” (RODRIGUES, 2014, p 43).

A micromedição é responsável pelo sucesso econômico/financeiro de uma empresa concessionária de água, é uma ferramenta importante para a redução do desperdício e das perdas aparentes (COELHO, 2009).

A eficiência da micromedição está relacionada com a determinação de um índice de perdas de água mais confiável, identificando-se o prejuízo financeiro das companhias de saneamento (BORGES, 2007). A não realização de micromedição é um dos principais indutores de perdas aparentes, muitas vezes negligenciada pelas companhias de saneamento (SANTOS, 2013).

Os hidrômetros são manuseados para a realização da micromedição do consumo das residências, que utilizam as redes de abastecimento de água da

concessionária local, possibilitando-se assim, a emissão de faturas de acordo com o consumo individual por inscrição de cliente (AGUIAR, 2019).

Existem diversos fatores que comprometem a micromedição, dentre eles: a má instalação do hidrômetro; o mau dimensionamento; hidrômetros parados e medidores com o tempo de instalação “vencidos”; levando a submedição a percentuais superiores às normais (SOARES, 2015). Sá (2007) afirma que, para diminuir as perdas é necessária a renovação geral do parque de hidrômetros.

Investir em micromedição é necessário pois, possibilita-se “computar nas perdas os volumes que eram estimados ou não contabilizados pelos hidrômetros, seja ele por erros de medição, defeitos nos hidrômetros, ou até uma má condição da instalação do mesmo.” (SANTOS JÚNIOR, 2016).

### **3.3.2 Os hidrômetros e seus princípios de funcionamento**

O aparelho medidor usualmente utilizado para a medição da quantidade de água consumida pelos usuários é o hidrômetro, de forma que, pela diferença de leitura de seu relógio mostrador (inicial e final), constata-se o volume consumido naquele espaço de tempo (BORGES, 2007). Segundo a Norma NBR NM 212 (ABNT, 2002), o hidrômetro é um aparelho destinado a indicar e totalizar, continuamente, o volume de água que o atravessa.

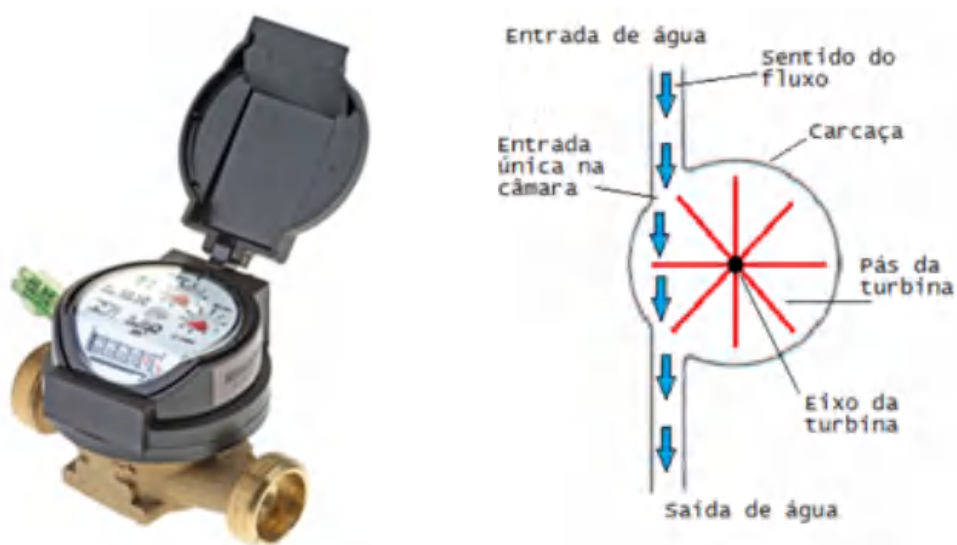
Encontram-se no mercado, hidrômetros que possuem diversos formatos, marcas e modelos. Composto de dezenas de peças divididos em 3 partes principais: a câmara de medição, onde a água flui e produz movimentação no dispositivo de medição; o registrador ou relojoaria, que é o responsável por converter os movimentos provocados pela água em unidade de medida no seu mostruário e; situado entre esses, identifica-se o mecanismo que transmite o movimento produzido na câmara de medição ao registrador (MENDONÇA, 1975), este último pode ser do tipo mecânico ou magnético.

Em se tratando de princípios de funcionamento, verifica-se o grupo dos hidrômetros taquimétricos, também conhecidos como velocimétricos ou hidrômetros de velocidade. O seu funcionamento e cálculo de volume é baseado na velocidade que a água passa por sua câmara que tem seção dimensionada. O número dessas rotações das suas hélices ou turbina é proporcional ao volume de água escoado,

indicado por um dispositivo totalizador. Logo, essa medição do volume do líquido é realizada de maneira indireta (SILVA, 2014).

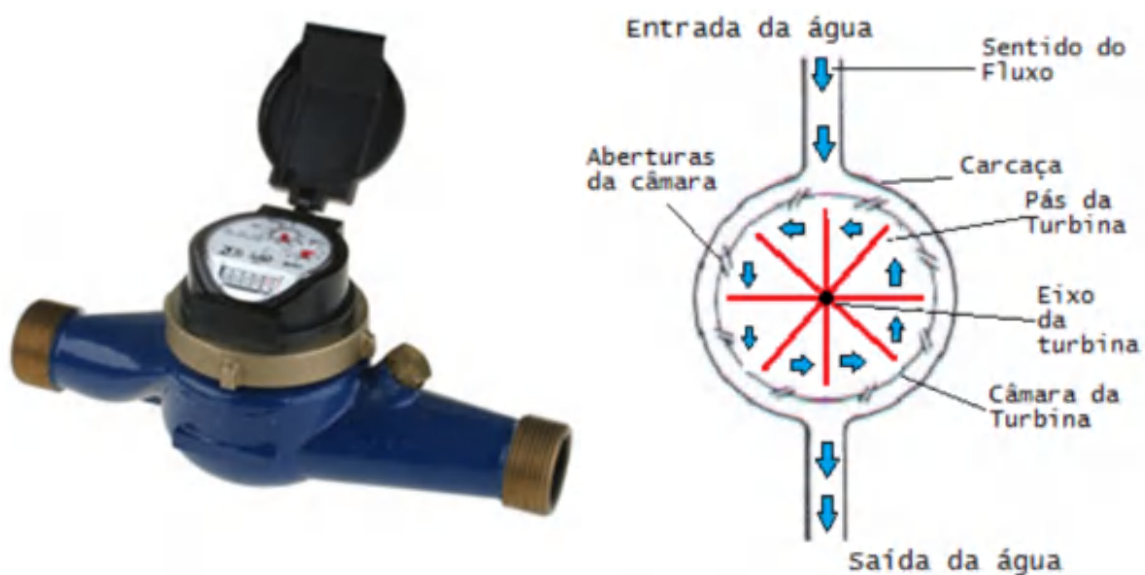
Os medidores taquimétricos podem ser divididos em dois principais subgrupos, os unijato e os multijato, exemplificados, com funcionamento de hélices e componentes básicos ilustrados na Figura 5 e Figura 6, respectivamente.

Figura 5 – Medidor taquimétricos unijato



Fonte: adaptado pelo autor de SILVA (2018).

Figura 6 – Medidor taquimétricos multijato



Fonte: adaptado pelo autor de SILVA (2018).

As principais diferenças entre os medidores unijato e o multijato, são que: o primeiro apresenta comprimento reduzido, pode ser aplicado para vazões menores e tem o seu preço também inferior em comparação com o segundo, porém a precisão de medição do medidor tipo velocimétrico multijato é superior; o segundo, bastante difundido no mercado, é o medidor do tipo volumétrico, diferenciando-se por não possuir hélice ou turbina e sim, um anel ou um êmbolo que efetua a medida do volume que circula dentro da câmara do equipamento – a movimentação desse êmbolo dá-se por meio da diferença de pressão entre a entrada e a saída do hidrômetro, sendo transmitida na relojoaria do medidor. A Figura 7 ilustra o mecanismo deste medidor.

Figura 7 – Medidor volumétrico



Fonte: adaptado pelo autor de SILVA (2018).

Os medidores volumétricos podem sofrer com partículas estranhas que penetrem em seu interior, causando o travamento do êmbolo e conseqüentemente a relojoaria do medidor, deixando inservível para medição. Esse grupo de medidores possui maior precisão de medição quando comparado com os taquimétricos, porém seu custo de aquisição também é superior (SILVA, 2021).

Existem outros tipos de dispositivos de medição domiciliar como os eletromagnéticos e ultrassônicos, que necessitam de energia ou bateria para o seu funcionamento, utilizando-se de pulso elétrico para calcular a velocidade do fluido, a precisão desses equipamentos é maior em comparação com as tecnologias já citadas, porém seu custo se torna inviável para as companhias principalmente em domicílios que o consumo mensal é relativamente baixo.

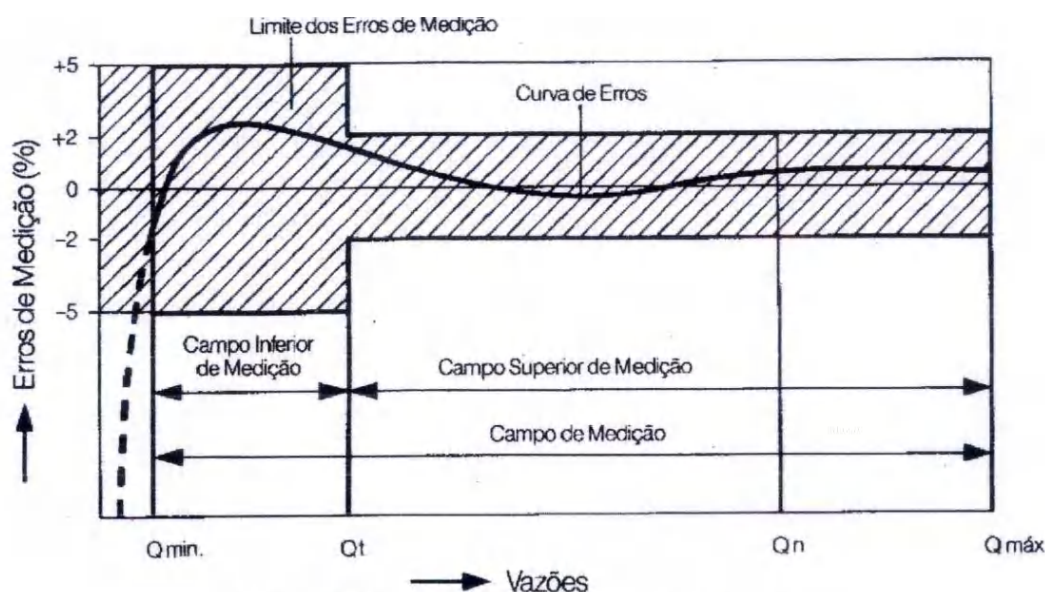
A importância de se possuir hidrômetros em um sistema de abastecimento é notória, porém não basta apenas ter quaisquer dispositivos de medição, é de fundamental importância saber qual dispositivo é adequado para cada consumidor, a qualidade do equipamento, bem como mantê-los em pleno funcionamento e para isso se faz necessário à sua verificação em bancadas de aferição de erro e sua manutenção (SANTOS JÚNIOR, 2016).

Segundo a Portaria 246 do INMETRO a verificação periódica de um medidor não pode ser superior a cinco anos. Quando ocorre o desgaste do parque de hidrômetros devido ao tempo e seu erro tende a superar o máximo permitido.

### 3.3.3 Vazões de referência e classificação hidrométrica

Conforme Silva, et al, (2016), as ocorrências de variações de vazões são normais em um Sistema de Abastecimento e os hidrômetros pertencentes ao sistema sofrem com esta dinâmica. Este fator está fortemente ligado aos erros de medição (através de ensaios) desses equipamentos, confeccionando-se a curva de erros, dentro do túnel de exatidão, tipicamente ilustrada na Figura 8.

Figura 8 – Curva de erros dos hidrômetros



Fonte: PNDA (2004).

As vazões utilizadas para a caracterização dos hidrômetros (Figura 8) são definidas de acordo com o INMETRO (2000), e expressas em  $\text{m}^3/\text{h}$ , como:



- Vazão máxima ( $Q_{\max}$ ): maior vazão, na qual o hidrômetro é exigido a funcionar por um curto período de tempo, dentro dos seus erros máximos admissíveis, mantendo seu desempenho metrológico quando posteriormente for empregado dentro de suas condições de uso;
- Vazão nominal ( $Q_n$ ): maior vazão nas condições de utilização, nas quais o medidor é exigido para funcionar de maneira satisfatória dentro dos erros máximos admissíveis;
- Vazão de transição ( $Q_t$ ): vazão, em escoamento uniforme, que define a separação dos campos de medição inferior e superior;
- Vazão mínima ( $Q_{\min}$ ): menor vazão, na qual o hidrômetro fornece indicações que não possuam erros superiores aos erros máximos admissíveis;
- Início do movimento: vazão a partir da qual o hidrômetro começa a dar indicação de volume, sem submissão aos erros máximos admissíveis.

Pode-se observar na Figura 8, que, os ensaios mostraram quando os medidores estão operando na faixa de vazão maior que a mínima até a vazão de transição, os equipamentos oscilam com um erro de +5% ou -5%. Reduzindo essa faixa percentual para 2% quando as vazões de operação estão acima da  $Q_t$ .

Conhecendo as vazões pode-se classificar os hidrômetros pela sua classe metrológica conforme valores da Quadro 3. A norma NBR NM 212 (ABNT, 2002) estabelece três classes: A, B e C.

Quadro 3 – Classificação dos medidores de água em classes metrológicas ( $m^3/h$ ) (ABNT, 2002)

Classe	Vazão	Valor numérico da designação do medidor $N \leq 15 m^3/h$
Classe A	$Q_{\min}$	0,040N
	$Q_t$	0,100N
Classe B	$Q_{\min}$	0,020N
	$Q_t$	0,080N
Classe C	$Q_{\min}$	0,010N
	$Q_t$	0,015N

Fonte: adaptado pelo autor de ABNT (2002).

Observando o Quadro 3, percebe-se que os valores de vazão mínima ( $Q_{\min}$ ) e vazão de transição ( $Q_t$ ) são menores nos medidores de Classe C. Quanto menores seus valores nesses equipamentos, menor serão os erros de medição encontrados na operação deles.

Não existem dados oficiais publicados informando qual a Classe mais utilizada das concessionárias de sistema de abastecimento de água no Brasil. No estado do Ceará, os sistemas operados pela Companhia Estadual, possuem em sua totalidade parque de hidrômetros de Classe B (CAGECE, 2021).

### 3.3.4 Índice de desempenho de medição – IDM

O IDM é um parâmetro de avaliação do desempenho do medidor que permite calcular qual é a capacidade que um equipamento qualquer tem de registrar o volume por ele escoado, baseado em um perfil de consumo, regime de vazões e volume totalizado (SNSA, 2018).

A NBR 15.538/2014, elaborou o método que consiste em submeter o medidor a um ensaio em 10 vazões distintas, para o cálculo dos erros ponderado, bem como organizou um perfil de consumo a partir das ligações de água indiretas, de características de consumo brasileira e de estudos de profissionais da área (NBR, 2014), conforme o Quadro 4.

Quadro 4 – Perfil de consumo médio segundo ABNT NBR 15538

Intervalo de Vazão (L/h)	Vazão de calibração (L/h)	Peso %
0 a 5	2,5	4,56
5 a 15	10,0	6,99
15 a 30	22,5	6,83
30 a 50	40,0	7,34
50 a 150	100,0	23,21
150 a 350	250,0	23,92
350 a 550	450,0	12,27
550 a 850	700,0	7,29
850 a 1150	1000,0	5,86
1150 a 1500	1325,0	1,73

Para medidores com  $Q_4 < 1.325 \text{ l/h}$  a vazão de ensaio do último intervalo deve ser a  $Q_4$

Fonte: ABNT NBR 15.538/2014.

Para cada hidrômetro ensaiado, determina-se o erro de medição (positivo ou negativo), de cada uma destas vazões. Ao multiplicar o peso determinado pelo perfil de consumo pelo erro levantado em bancada, obtém-se o Erro Ponderado (EP) de cada uma das vazões ensaiadas, que representa a submedição do hidrômetro (AESB, 2015).

O Índice de Desempenho da Medição (IDM) pode ser determinado através da Equação 5, valores próximos de 100 caracterizam medidores com ótimo desempenho, já valores maiores que 100 indicam erros positivos.

$$IDM = 100 + \sum EP \quad (5)$$

### 3.4 INFLUENCIADORES DO ERRO DE SUBMEDIÇÃO

Atualmente um dos maiores problemas enfrentados pelas companhias de saneamento no Brasil, são as perdas dos volumes não medidos ocasionando a redução no faturamento, parte desses volumes vem da submedição causada pelo desgaste dos hidrômetros com o passar dos anos (JÚNIOR, 2016). Para a Auditoria de Obras Públicas Estadual (2007) hidrômetros parados e embaçados representam uma perda expressiva, pois toda a água consumida deixa de ser medida, gerando perda no faturamento mensal da empresa.

Define-se submedição, como a diferença, negativa, dos volumes que efetivamente passam pelos hidrômetros. Isso ocorre quando as vazões que efetivamente passam por esses equipamentos são inferiores à sua  $Q_{\min}$  – vazão mínima de referência. Esse efeito é agravado em hidrômetros taquimétricos e nas situações do abastecimento noturno nos imóveis que possuem caixas d'água, ou quando a instalação é feita incorretamente e o hidrômetro fica com inclinação, bem como com o tempo de uso (IPT, 2007). Ressalta-se ainda, que a vazão mínima de referência varia em função da classe metrológica dos hidrômetros.

Conhecendo essa problemática várias ações são tomadas pelas concessionárias na tentativa de minimizar os efeitos da submedição dos hidrômetros. A substituição dos hidrômetros por classes diferentes, ou até mesmo por tecnologias mais avançadas, como medidores eletromagnéticos configura-se na ação mais

difundida. Porém essas ações têm custo elevado e uma análise financeira se torna necessária antes da efetiva realização.

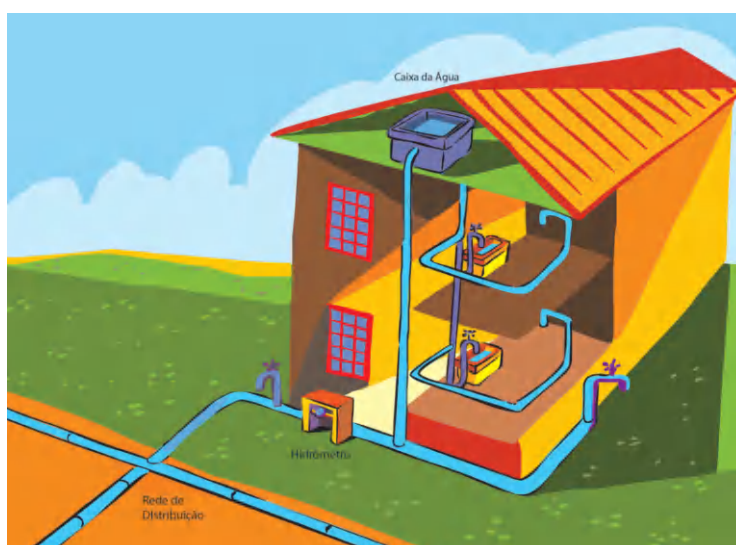
### 3.4.1 Baixas vazões e o uso de reservatórios com válvula de boia.

Diferencia-se o abastecimento predial de água em três principais formas, são elas:

- **Abastecimento direto:** os pontos hidráulicos são abastecidos diretamente pela rede de distribuição.
- **Abastecimento indireto,** onde os pontos de consumo são alimentados a partir de um reservatório domiciliar, podendo ele ser enterrado, no caso de cisternas, ou elevado, a exemplo das caixas d'água, ambos construídos ou adquiridos com materiais e formas diversas.
- **Abastecimento misto:** forma que é a mais difundida nos domicílios brasileiros, junção dos dois primeiros formatos de abastecimento, onde alguns dos pontos são abastecidos de maneira direta e outros indireta, conhecida como forma mista.

De forma a ilustrar o formato de abastecimento misto pode-se observar a Figura 9, em que a torneira de jardim, externa ao imóvel, tem abastecimento direto e os demais pontos alimentados independentemente por uma distribuição de um reservatório do tipo caixa d'água.

Figura 9 – Modelo de abastecimento predial misto



Fonte: Ministério da Saúde (2020).

A conexão mais utilizada para controle da entrada e nível de água em um reservatório domiciliar é a torneira-bóia. Esse dispositivo é acionado sempre que um pequeno rebaixamento do nível de água do reservatório é ocasionado por algum consumo dentro do sistema intradomiciliar, lançando para dentro do reservatório a água que vem da rede de abastecimento.

Ocorre que quando se tem um consumo em uma residência que possui caixa d'água, tornando-se seu abastecimento indireto, tem-se que nos reservatórios que possuem uma considerável área superficial, faz com que a torneira-bóia abra apenas parcialmente até que se restabeleça o nível d'água. A ocorrência dessas situações faz com que percorra pelo hidrômetro, vazões inferiores às mínimas de especificação do aparelho, dependendo da sua classe hidrométrica, causando então a submedição, ou seja, o volume registrado por ele registrando-se como menor do que a realidade (SILVA, 2014).

Nota-se também a mesma ocorrência desse fenômeno, porém de forma menos impactante, na fase final de enchimento do reservatório em localidades onde o abastecimento ocorre de forma intermitente, possuindo água disponível pela rede apenas em algum intervalo do dia, ocasionando rebaixamento no nível do mesmo e posterior reabastecimento (ABES, 2015).

Uma maneira de mitigar esses efeitos seria o desenvolvimento e a utilização de uma torneira-bóia que não permitisse a abertura parcial do bocal, de forma que funcionasse ou totalmente fechada ou totalmente aberta.

### **3.4.2 Tempo de uso do hidrômetro**

Os hidrômetros são equipamentos que se desgastam ao longo do tempo, e com isso eles apresentam uma perda de precisão ao longo do tempo, também podem sofrer influência de fatores externos, calcula-se queda de qualidade de 1% ao ano, mas no contexto geral a vida útil de um hidrômetro é avaliada entre 5 e 10 anos (AGUIAR, 2019).

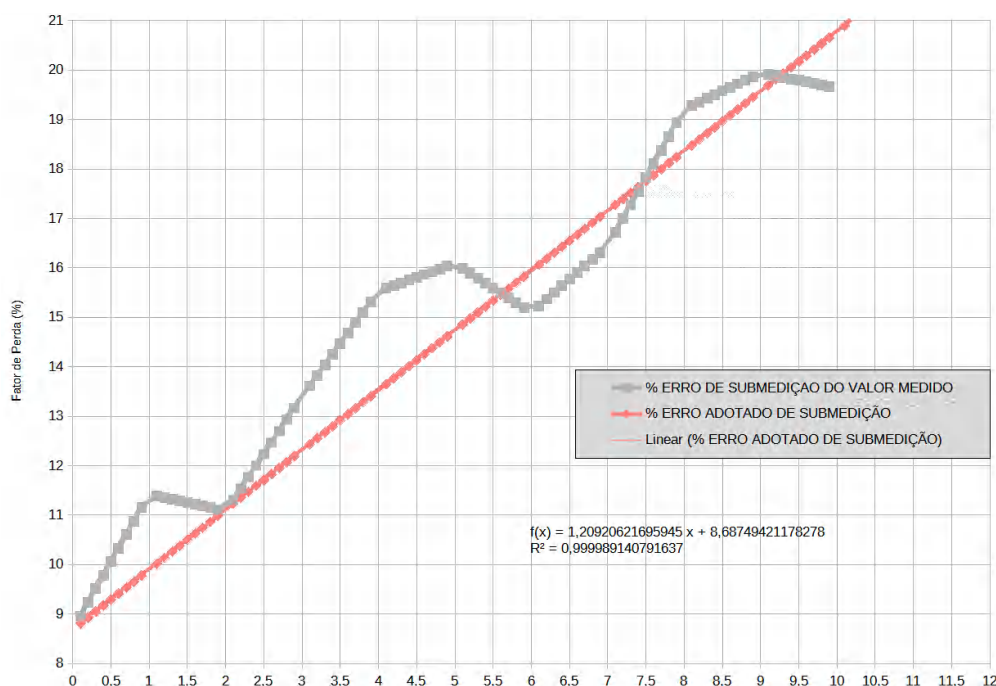
Em estudo anterior Depexe e Gasparini (2012), com dados de um parque de hidrômetros com mais de 1 milhão de ligações que utilizavam aparelhos de classe metrológica B com até 11 anos de instalação, também observaram uma taxa de redução do volume micromedido médio de aproximadamente 1,0% ao ano. Neste estudo encontram-se mencionados os autores Arregui *et al.* (2010), que consideram

usuais taxas de redução de eficiência na faixa de 0,1% e 0,9% e Ferréol (2005) que, por sua vez, a queda anual da eficiência em 1%.

Com o “envelhecimento” de um hidrômetro, verificam-se redução dos valores faturados e, por outro lado, a substituição tem um custo para o sistema de abastecimento de água. Assim, é importante se criar uma função econômica otimizada e seu valor mínimo determinado, por exemplo, o custo de ciclo de vida anual (NIELSEN *et al.* 2003).

O laboratório de hidrometria da Cagece, a partir de experimentos com bancadas aferidoras, e calculando o erro de 101 micromedidores, utilizando as vazões de referência, criou o gráfico ilustrado na Figura 10, nele percebe-se a relação crescente entre o erro e o tempo de vida de medidores velocimétricos Classe B a cada fração de 0,1 ano de uso.

Figura 10 – Gráfico Erro X Tempo



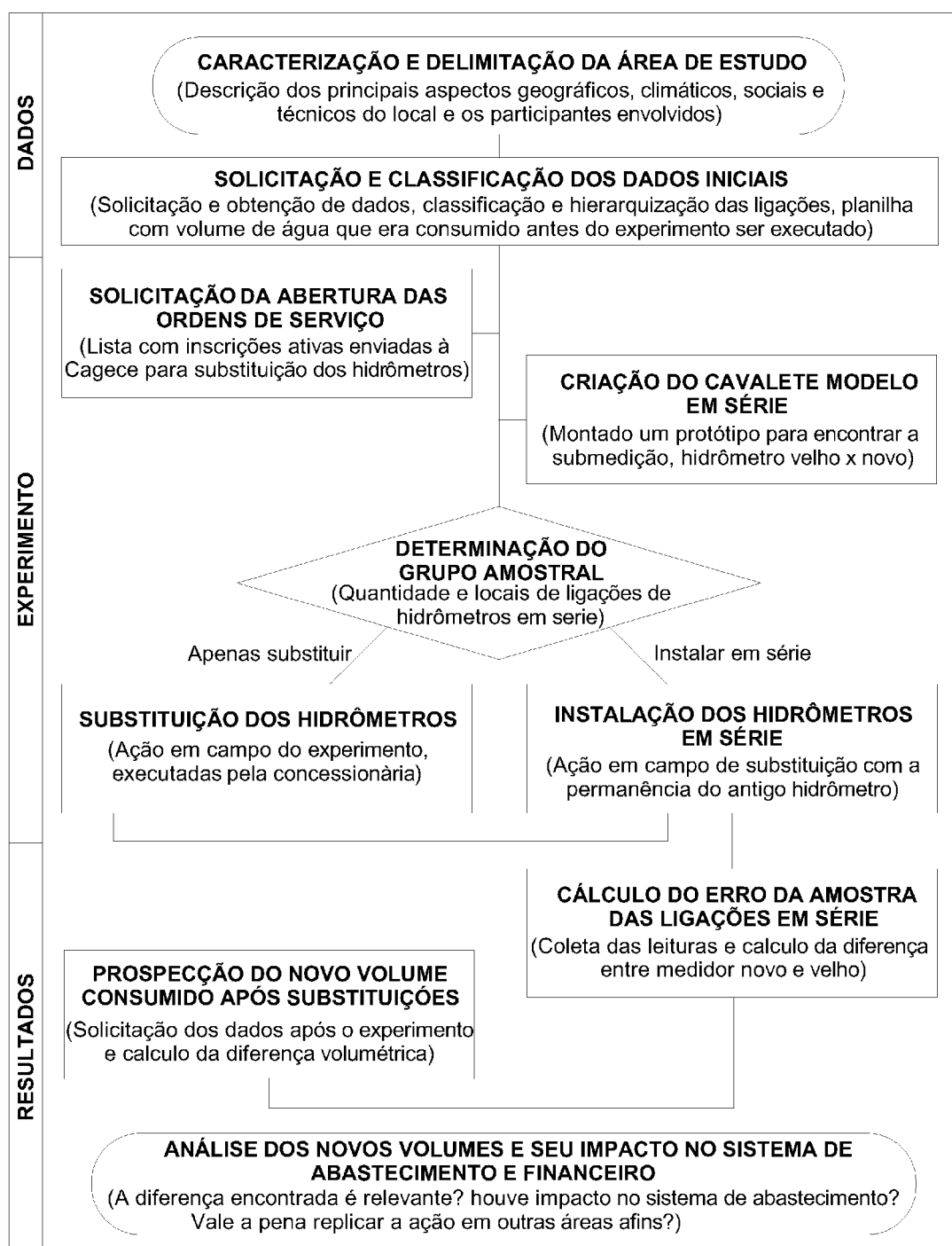
Fonte: Cagece (2021).

Aguiar (2019), também enfatiza que, além da vida útil do hidrômetro, deve ser levada em consideração a substituição em forma corretiva, quando detectados erros de funcionamento ou quando for testado em bancada metrológica, em laboratório ou *in loco*, bem como a alteração na calibração, independentemente do seu tempo de uso.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia deste estudo, de natureza quantitativa e com múltiplas coletas de dados, foi dividida conforme fluxograma (Figura 11) e descrita nos itens posteriores.

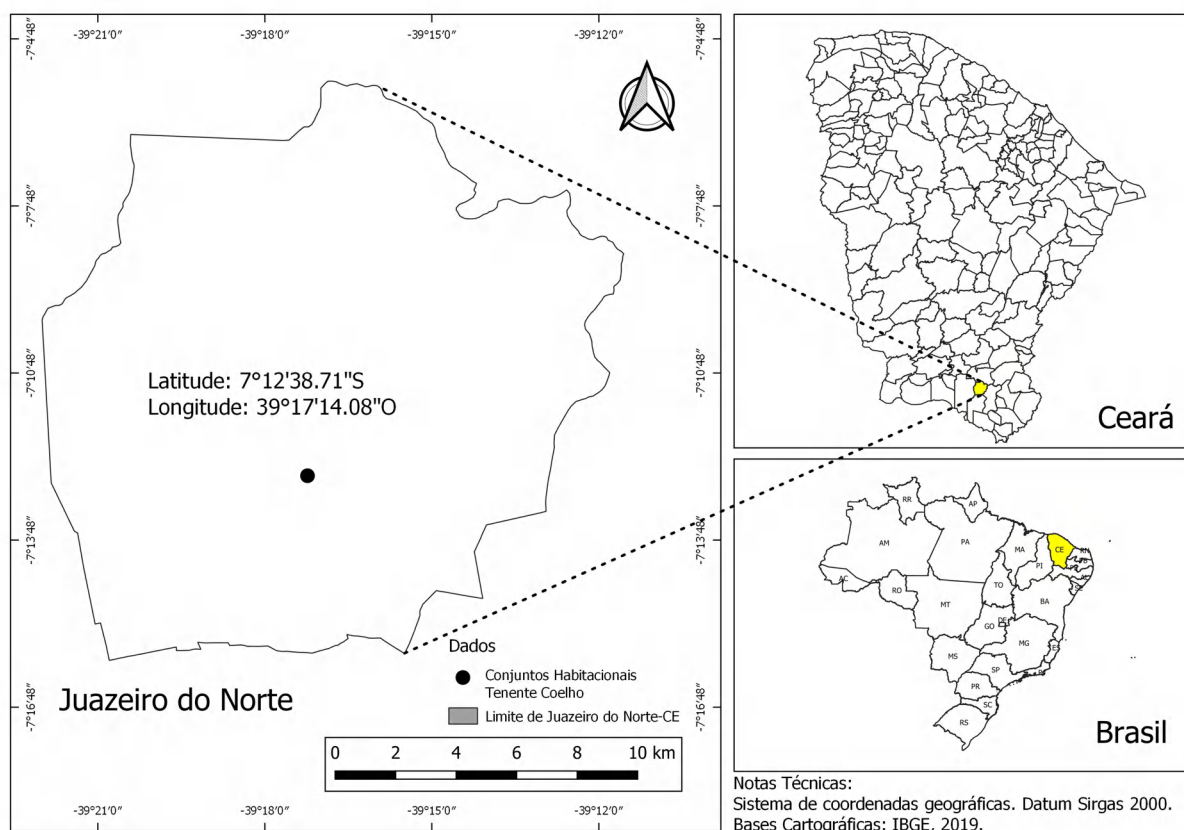
Figura 11 – Fluxograma metodológico



#### 4.1 CARACTERIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está inserida no município de Juazeiro do Norte. Cidade localizada no estado Ceará, distante 401 km da capital Fortaleza (menor caminho), mesorregião Sul Cearense, principal centro urbano da Região Metropolitana do Cariri (CIDADE BRASIL, 2021). Esta região mesmo estando no semiárido nordestino, dispõe de localização privilegiada com grande disponibilidade de recursos hídricos, estando próxima a Chapada Nacional do Araripe, Área de Proteção Ambiental – APA. Na Figura 12 observa-se a limitação geográfica do município, com destaque a localização da área de estudo, Conjunto Tenente Coelho III, georreferenciada por aparelho GPS em uma das visitas - *in loco*.

Figura 12 – Mapa de localização geográfica da área de estudo



Fonte: autoria própria, 2021.

O local escolhido como área de estudo, o Condomínio Residencial - Tenente Coelho, refere-se ao primeiro empreendimento do Programa Minha Casa Minha Vida

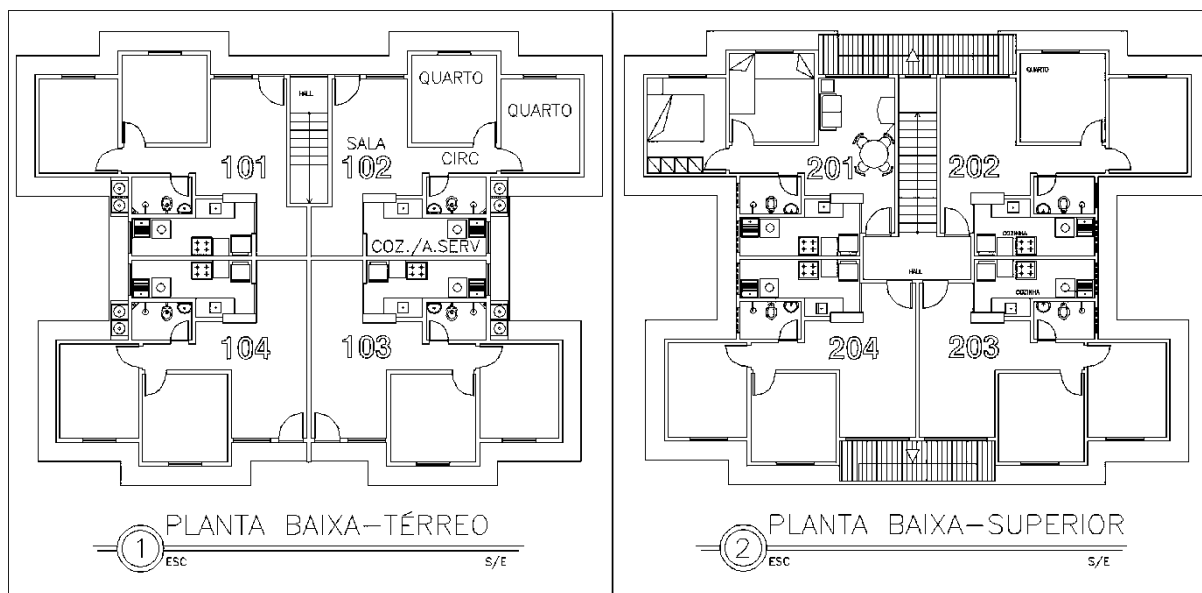


situados na Rua Ana Rita de Souza, Bairro Aeroporto, município de Juazeiro do Norte-CE.

Tal Condomínio, teve suas obras iniciadas em 2010 e foi inaugurado no ano de 2012. Contém 1280 unidades habitacionais divididos em quatro conjuntos: Tenente Coelho I contendo 320 apartamentos; Tenente Coelho II contendo 352 apartamentos; Tenente Coelho III também com 352 apartamentos e o Tenente Coelho IV contendo 256 apartamentos, todos os projetos do empreendimento foram fornecidos pela Construtora Raimundo Coelho.

O Residencial Tenente Coelho é composto por blocos de oito apartamentos, sendo quatro unidades no pavimento térreo e quatro no pavimento superior. Cada um deles composto pelos cômodos: sala, circulação, dois quartos, banheiro e cozinha com área de serviço, conforme projeto fornecido pela empresa que construiu o empreendimento, ilustrado pela planta baixa da Figura 13. Os apartamentos foram destinados às famílias de baixa renda, com salário de até R\$ 1,6 mil. (Secretaria das Cidades do Ceará, 2012).

Figura 13 – Plantas Baixa dos Blocos Pav. Térreo e Superior do Conjunto Tenente Coelho.



Fonte: adaptação do projeto fornecido pela Construtora CRC (2012).

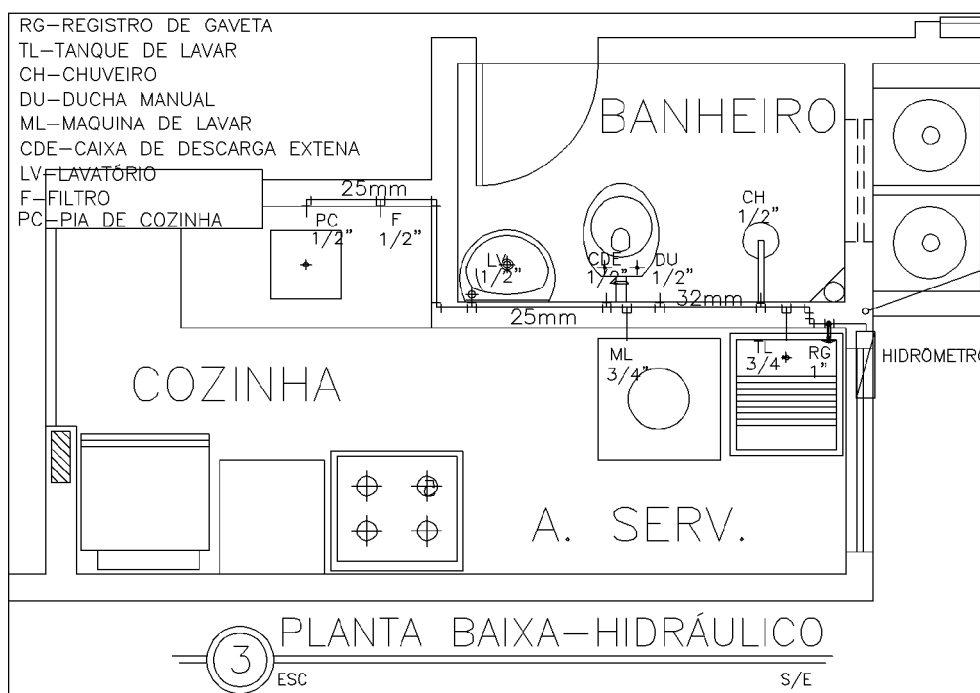
A definição do local estudado se deu principalmente pelos seguintes fatores:

- O empreendimento ser operado pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará e ser considerada um Distrito de Medição e Controle – DMC, pois dispõem de macromedidor com DN de 100mm do tipo Woltmann 50m<sup>3</sup>/h

na entrada de cada uma das redes de distribuição de água – RDA dos conjuntos como também possuir parque de hidrômetros, com micromedicação individualizada a partir de medidores do tipo multijato magnéticos, 1,5m<sup>3</sup>/h de Classe B em todos os apartamentos;

- Todas as unidades habitacionais possuem praticamente a mesma área útil e exatamente a mesma quantidade de pontos de utilização de água (cinco torneiras sendo: uma para lavanderia, uma para máquina de lavar, uma para bebedouro, uma para pia de cozinha, uma para lavatório do banheiro; um ponto para o vaso sanitário; um ponto para ducha manual; e um ponto para chuveiro), conforme projeto hidráulico mostrado na Figura 14, fazendo com que a variação de consumo entre elas não seja influenciada por essa quantidade de pontos.

Figura 14 – Plantas Baixa dos Blocos Pav. Térreo e Superior do Conjunto Tenente Coelho.



Fonte: adaptação do projeto fornecido pela Construtora CRC (2012).

- O Abastecimento nos apartamentos é feito de forma direta sem a existência de reservação individualizada (caixas d'água), logo fazendo com que os hidrômetros operem predominantemente em faixas de vazões acima da  $Q_{\min}$  reduzindo a influência de submedição ocasionadas por baixas vazões (efeito boia caixa d'água);

- Devido à dificuldade de alteração dos proprietários do Programa Minha Casa Minha Vida, levando a crer que mudanças de famílias em cada apartamento seja praticamente inexistente, ponto que alteraria o perfil de consumo mensal das unidades;
- A impossibilidade de alteração ou reformas na estrutura dos apartamentos, fazendo com que a variação do consumo não seja influenciada por obras que demandam grande quantidade de água, levando a crer que o consumo é apenas de subsistência das famílias;
- Que todos os medidores possuíssem mais de 7 anos de uso.

Com essa realidade o condomínio torna-se um laboratório ideal para estudar o volume das perdas não físicas, causadas pela submedição, geradas pelo tempo do parque de hidrômetros.

Vale ressaltar que não foi possível dar segurança a ação de substituição nos Conjunto Tenente Coelho I e IV pois os mesmos, devido a ameaças feitas aos colaboradores da Companhia. Com isso os dois condomínios passaram a integrar o grupo de áreas de risco listadas na cidade de Juazeiro do Norte. Sendo o experimento, deste estudo, executado apenas nos Conjuntos II e III, onde mesmo com resistência dos moradores foi possível executar os serviços e não houve nenhum tipo de dano aos equipamentos instalados.

#### 4.2 SOLICITAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS DADOS INICIAIS.

Para solicitação dos dados foi necessário seguir os seguintes procedimentos. Entrar no site <[ceartransparente.ce.gov.br](http://ceartransparente.ce.gov.br)>, em seguida clicar no campo Ouvidoria, dentro deste campo entrar na opção “Nova Manifestação”. Nesta próxima página possibilita-se com as opções: criação de um perfil para o site ou fazer a solicitação anonimamente. Foi escolhida a primeira opção e logo criado um perfil contendo dados pessoais básico (Nome, endereço, e-mail e telefone).

Após confirmação de cadastro do perfil foi feito o *login* e clicado no botão “Nova Manifestação”. Aberta a nova página (Descrição da manifestação) foram caracterizados (conforme captura de tela - Figura 14): o Tipo da manifestação, selecionando-se “Solicitação”; o Órgão responsável, “CAGECE”; Assunto:

“Publicação de Trabalhos Científicos/Acadêmicos” e; Descrição (“Solicito todos os volumes macromedidos nos Conjuntos Habitacionais Tenente Coelho II e III localizados na cidade de Juazeiro do Norte-CE, bem como todos os volumes micromedidos mensalmente em cada unidade consumidora e o seu status (ativa, cortada e suprimida) no último mês, no período de abril de 2020 a março de 2021”). A solicitação Nº 5548884 foi criada com prazo de 15 dias para ser respondida.

Figura 15 – Captura de tela da página Ceará Transparente com a solicitação de dados

Nome: Rondon Madeira de Brito | E-mail: rondon.brito@cagece.com.br

Descrição da manifestação

Tipo da manifestação: Reclamação, Denúncia, Elogio, Sugestão, **Solicitação**

Órgão responsável: CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará |  Não sei qual é o órgão responsável

Assunto: PUBLICAÇÃO DE TRABALHOS CIENTÍFICOS/ACADÊMICOS |  Não sei informar o assunto

Descrição

**B I U** |

Solicito todos os volumes macromedidos nos Conjuntos Habitacionais Tenente Coelho I, II, III e IV localizados na cidade de Juazeiro do Norte-CE, bem como todos os volumes micromedidos mensalmente em cada unidade consumidora e o seu status (ativa, cortada e suprimida) no último mês no período de abril de 2020 a março de 2021

body p

Descreva sua manifestação com o máximo possível de detalhes. Não há limites de caracteres.

Fonte: Captura de tela – [https://ceartransparente.ce.gov.br/platform/tickets/new?locale=pt-BR&ticket\\_type=sou](https://ceartransparente.ce.gov.br/platform/tickets/new?locale=pt-BR&ticket_type=sou), 2021

Após algumas tramitações internas da solicitação, observadas no “Histórico do Atendimento”, e dentro do prazo estipulado foi recebido por e-mail, planilhas eletrônicas referentes as informações solicitadas de cada conjunto. De posse dos dados disponibilizados, foram confeccionadas novas planilhas, com os dados da última competência recebida (03/2021) para identificar e quantificar, em cada condomínio, as ligações ativas, cortadas e suprimidas. Foi possível também

hierarquizar em ordem decrescente os apartamentos pelos respectivos volumes micromedidos, sabendo-se assim, quais inscrições que apresentaram maior consumo.

#### 4.3 SOLICITAÇÃO DA ABERTURA DAS ORDENS DE SERVIÇO

Com a classificação dos imóveis ativos e não ativos (cortados e suprimidos) listadas em planilha, a mesma foi enviada à Cagece, por meio de um requerimento interno, através do Sistema de Gerenciamento de Demandas – SGD, para a análise dos gestores responsáveis e aprovação, ou não, para a criação das ordens de serviços de substituições dos hidrômetros. O e-mail com a solicitação pode ser observado na Figura 16.

Figura 16 – Solicitação da abertura das ordens de serviços

Comunicado do Sistema de Gerenciamento de Desenvolvimento  
**Solicitação: #167407**

**- Comunicamos que esta solicitação esta aguardando aprovação**

**Solicitante:** RONDON MADEIRA DE BRITO  
**Telefone:** 31021174

**Demanda:** Solicito abertura de serviço 336 com listas especificas anexadas contendo 648 inscrições do setor 17 com medidores acima de 8 anos. Após envio da demanda para a Gemed a mesma me orientou que a abertura fosse solicitada via SGD pela quantidade de serviços e as inscrições serem variadas.

**Sistema:** Sistema Comercial PRAX  
**Módulo:** Solicitações Gerais

**Status:** Aguardando Aprovação

**Data de Abertura:** 22/03/2021

[Clique aqui para acessar o Sistema.](#)

Fonte: Captura de tela da solicitação feita via SGD, 2021.

Após tramites internos, a Companhia apresentou parecer favorável à aprovação da solicitação, as ordens de serviços foram geradas atendendo o pleito.

Porém houve restrições, atendendo as normas da empresa, sendo aprovadas apenas as substituições das ligações que estavam ativas na competência de março de 2021.

Esta alteração não influenciará os resultados desta pesquisa, pois as ligações cortadas e suprimidas não possuirão consumo até que o imóvel seja religado, e mesmo religado, o consumo destes não serão considerados nesta pesquisa, sendo analisado apenas as unidades consumidoras que estavam ativas nos dois anos analisados tornando nestes casos a substituição irrelevante.

Na Figura 17 é possível observar o parecer de aprovação da companhia na íntegra.

Figura 17 – Aprovação da abertura das ordens de serviços

Comunicado do Sistema de  
Gerenciamento de Desenvolvimento  
**Solicitação: #167407**

- A execução da seguinte demanda, abaixo descrita, foi **aprovada**:

**Questionamento:** Solicitamos seu parecer sobre essa demanda.  
**Solicitado por:** WAGNER PETRONIO DE SOUSA ABREU

**Para:** FRANCISCO EDSON DA SILVA  
**Resposta:** Como se trata da abertura do serviço 336 em pontos específicos definido pela unidade, não seguimos gerar esse serviço em massa através de um critério, ou seja será necessário a abertura individual de cada serviço, o que se torna inviável de ser realizado na Gemed. Desta forma estou acordo com a solicitação.

**Sistema:** Sistema Comercial PRAX

**Demanda:** Solicito abertura de serviço 336 com listas específicas anexadas contendo 648 inscrições do setor 17 com medidores acima de 8 anos. Após envio da demanda para a Gemed a mesma me orientou que a abertura fosse solicitada via SGD pela quantidade de serviços e as inscrições serem variadas.  
**Data de Abertura da Solicitação:** 22/03/2021

[Clique aqui para visualizar/registrar pedidos de viabilidade!](#)

[Clique para acessar o passo-a-passo, explicando como validar o pedido de viabilidade.](#)

[Clique aqui para acessar o Sistema.](#)

Fonte: Captura de tela da aprovação feita via SGD, 2021.

#### 4.4 CRIAÇÃO DO CAVALETE MODELO EM SÉRIE.

Como forma de medir o erro de submedição dos hidrômetros existentes na área de estudo, foi elaborado no laboratório hidráulico da Cagece, um modelo de ligação com dois hidrômetros ligados em série. Com essa disposição o volume que passa por

cada medidor é o mesmo, porém com seus respectivos erros de medição. Metodologia similar à adotada por BORGES (2007) e SILVA *et al.* (2008).

Dentro da caixa de proteção com mesmo padrão das ligações existentes nos apartamentos dos Conjuntos, foi montado, conforme Figura 18, o protótipo da ligação em série. Com esse formato, tem-se a garantia de que, na aplicação *in loco*, os medidores estarão abrigados dentro de protetor fechado com tampa e chave especial, bem como lacrados com selos enumerados com cadastro no sistema, que são dispositivos de segurança adotados pela companhia, evitando-se interferências externas (fraudes) na medição.

Figura 18 – Fotos (A, B, C e D) da criação do protótipo da ligação em série



(A) – Análise de espaço do protetor



(B) – Modelo onde o medidor ficou inclinado



(C) – Modelo com teste de peças



(D) – Modelo final

Fonte: autoria própria, 2021.

Foi montado este modelo para aferir a diferença volumétrica do medidor antigo em comparação ao medidor de referência novo num grupo de apartamento dentro dos dois conjuntos.

Nesse padrão de ligação-modelo, o hidrômetro já instalado no apartamento, ficará na parte superior e o novo, na parte inferior do sistema em série (ambos os hidrômetros de Classe B), de modo a facilitar a visão dos registros/relojoaria. No APÊNDICE A, encontra-se o croqui de montagem do protótipo com detalhamento das peças utilizadas, quadro com lista de materiais e quantitativo para produção unitária do mesmo.

Após a instalação do modelo e completando-se o período do estudo, foi possível coletar as duas leituras e identificar, a partir da diferença dos volumes micromedidos, o erro volumétrico existente entre o medidor mais antigo e o novo. Para esta análise, o procedimento da leitura se repetirá nos meses subsequentes à instalação.

#### 4.5 GRUPO AMOSTRAL PARA HIDRÔMETROS EM SÉRIE.

Com o cálculo de amostra aleatória simples, foi encontrado que seriam necessários 233 apartamentos com medidores em série para um índice de confiança de 95% e erro amostral de até 5%. Porém foi determinado que seria instalado o modelo dos medidores em série em 21 apartamentos. A princípio, havia interesse de uma quantidade maior da instalação desses hidrômetros em série - in loco, no entanto, essa quantidade ficou atrelada à não aceitação dos moradores (alegando que a conta seria mais cara com a instalação do segundo medidor, mesmo após explicação do estudo), bem como à necessidade de aquisição de materiais por parte da Companhia, para o formato de ligação com os medidores em série que utiliza peças fora do padrão adotado pela empresa.

Para a escolha dos apartamentos foi levado em consideração a adimplência dos proprietários e se o volume médio consumido, nos meses anteriores à instalação, era superior a 10m<sup>3</sup>, para se ter um volume mais expressivo de diferença entre os medidores (Velho x Novo).

No final do período de comparação dos volumes, foi calculado o erro e índice de confiança da amostragem, para que os valores encontrados sejam adotados para todo o condomínio.



#### 4.6 SUBSTITUIÇÃO DOS HIDROMETROS.

Para a execução das substituições dos hidrômetros, equipes de colaboradores terceirizados da Cagece seguiram a Instrução de Trabalho ITOPE036 (ANEXO A), documento onde está descrita ferramentas e atividades a serem seguidas. Bem como o artigo 67 § 4º da Resolução 130/2010 da ARCE, em que pede que seja entregue aos proprietários dos imóveis o comunicado padrão conforme o ANEXO B, que dá ciência formal sobre a substituição dos hidrômetros aos mesmos, bem como a razão de tal substituição, que nestas ocasiões se tratam de substituições preventivas, levando em consideração que os hidrômetros já possuíam mais de 5 anos de uso.

As ações foram acompanhadas e registradas fotograficamente *in loco* como forma de comprovação de execução de toda a metodologia proposta, conforme pode-se observar na Figura 19.

Figura 19 – Registros fotográficos (A, B, C e D) da execução das substituições



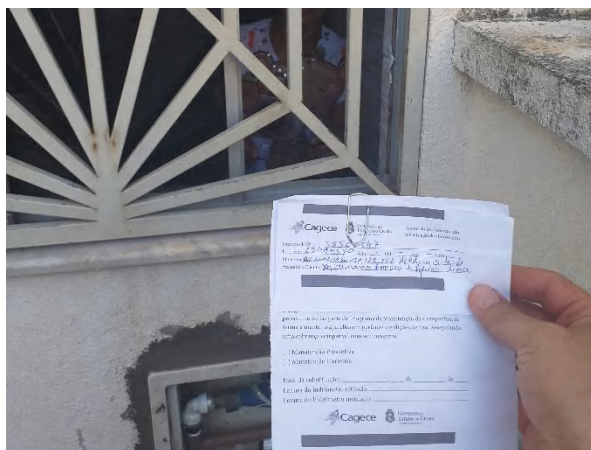
(A) – Equipes executoras



(B) – Execução da substituição



(C) – Substituição concluída



(D) – Comunicado Anexo B

Fonte: autoria própria, 2021.

#### 4.7 INSTALAÇÃO DOS HIDROMETROS EM SÉRIE

Após determinação do tamanho da amostra foi iniciada a instalação dos hidrômetros em série nos 21 apartamentos indicados por este estudo. Assim como nas substituições dos hidrômetros, este serviço também foi executado por equipes de terceiros da Cagece, os mesmos também possuíam as ordens de serviços 336 – Substituição para Gestão do Parque de Hidrômetros, solicitadas e programadas conforme lista entregue à Companhia que foi caracterizada no item 4.2 desta metodologia.

Mesmo não se tratando de apenas uma substituição, o serviço foi aberto e utilizado pela Companhia, devido a inexistência de procedimento para a atividade específica de instalação de cavalete em série.

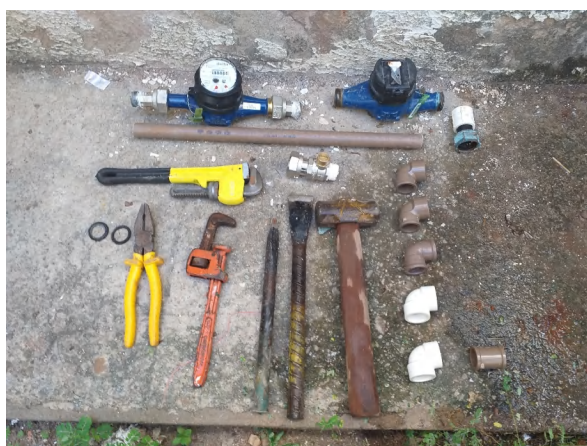
As ferramentas utilizadas para esta execução foram as mesmas utilizadas nas substituições.

Os seguintes procedimentos foram adotados para a execução:

- 1 – Com o uso do Smartphone da Companhia deu-se início a ordem de serviço 336 programada para o imóvel;
- 2 – Foi fechado o registro de esfera para que a água não passasse pelo cavalete;
- 3 – A numeração do antigo hidrômetro foi conferida com a informação do sistema da Cagece e assim o mesmo foi desconectado;
- 4 – Com a caixa de proteção vazia o conjunto de peças e conexões conforme foi montado o protótipo do item 4.4 e detalhado no APÊNDICE A;
- 5 – Registro de gaveta foi religado para que a água passasse pelo novo conjunto e retomasse o abastecimento do apartamento;
- 6 – Verificou-se o aparecimento de vazamentos em todas as peças instaladas;
- 7 – A ordem de serviço foi baixada no smartphone com dados de hora de execução do serviço, número do lacre instalado leitura inicial do medidor novo e fotos;
- 8 – Foi entregue ao cliente o Comunicado de substituição do hidrômetro com o mesmo padrão do ANEXO B, com o detalhe da informação que o seu imóvel estaria passando por estudo e por isso ficaria com dois medidores, mas que apenas o novo seria considerado para fins de faturamento.

Nesse serviço houve uma resistência dos clientes em permitir a instalação dos medidores em série. Foi questionado se haveria cobrança em duplicidade, pela existência de dois medidores, o que dificultou a instalação em algumas unidades. Necessitou-se assim, explicação mais detalhada sobre a pesquisa para os moradores deste grupo. A Figura 20 ilustra alguns dos registros feitos nesta etapa da pesquisa.

Figura 20 – Registros fotográficos (A, B, C e D) da execução da instalação dos medidores em série



(A) – Ferramentas utilizadas



(B) Instalação do medidor em série



(C) Kit concluído



(D) Protetor com tampa fechada

Fonte: autoria própria, 2021.

#### 4.8 CÁLCULO DO ERRO DA AMOSTRA DAS LIGAÇÕES EM SÉRIE

Após a instalação dos medidores em série e substituição dos demais, um funcionário da Cagece coletou mensalmente os dados de volumes medidos no medidor novo em cada inscrição, essas leituras ficaram registradas em sistema da Companhia, alguns desses foram fotografados.

De posse dos dados, foi possível calcular o erro de medição existente no medidor velho em comparação ao medidor de referência (novo), que possuía a mesma classe hidrométrica, porém com 0 anos de uso, para cada um dos 21 imóveis onde a ligação em série foi instalada. Vale salientar também que os medidores novos possuíam marca diferente dos medidores velhos. para o cálculo deste erro foi utilizada a Equação 6.

$$E_{V\%} = \frac{L_{Novo} - (L_{V2} - L_{V1})}{L_{Novo}} \times 100 \quad (6)$$

Em que:

- $E_{V\%}$  é o erro percentual do medidor velho em relação ao novo;
- $L_{Novo}$  é a leitura do medidor novo no último mês do experimento (agosto) que corresponde ao volume medido por este no período estudado;
- $L_{V1}$  é a leitura do medidor velho no dia da instalação do kit em série;
- $L_{V2}$  é a leitura do medidor velho no dia da última leitura do período estudado (agosto), logo  $(L_{V2} - L_{V1})$  é o volume medido pelo medidor velho no período estudado (cinco meses).

Para melhor visualização dos resultados, os volumes encontrados nos meses de abril a agosto de 2021 foram tabulados, e então calculado o erro dos 21 imóveis com ligação em série.

#### 4.9 PROSPECÇÃO DO NOVO VOLUME MICROMEDIDO APÓS SUBSTITUIÇÕES

Após o período determinado pelo estudo foi solicitado novos relatórios à concessionária, a partir do Portal Ceará Transparente, com informações do atual status da ligação (ativa, cortada ou suprimida) e dos volumes micromedidos das mesmas inscrições solicitadas anteriormente, agora para o período de maio a agosto de 2021.

De posse destes últimos volumes, os mesmos foram tabulados, conforme descrições do item 4.2 desta metodologia, e realizado o cálculo da diferença volumétrica obtida nos mesmos meses do ano anterior, com parque de hidrômetro com idade média de mais de 7 anos, pelo segundo ano, com novo IMPH.

Dentro do Conjunto Habitacional Tenente Coelho II e III existe 352 apartamentos em cada, nesta análise foi levado em consideração apenas os imóveis que tiveram o medidor substituído. Foi desconsiderado também imóveis que apresentaram medição igual a 0 m<sup>3</sup> no somatório dos cinco meses de um dos anos estudados (2020 e 2021), levando em consideração que isso caracterizaria que o imóvel ou teve seu abastecimento interrompido (cortado ou suprimido) ou houve abandono do imóvel, o que leva a crer que a diferença volumétrica seria influenciada por tal status, e não pelo novo hidrômetro instalado.

Na planilha foi feito o cálculo comparativo dos volumes para cada apartamento conforme Equação 7.

$$\Delta V_{ind} = \sum_1^5 (V_{Ni}) - \sum_1^5 (V_{Vi}) \quad (7)$$

Em que:

- $\Delta V_{ind}$  é a variação volumétrica individual entre o medidor novo e o velho;
- $V_{Ni}$  é o volume registrado pelo medidor novo em cada apartamento analisado, onde  $i$  é o tempo compreendido entre os meses de abril a agosto de 2021;
- $V_{Vi}$  é o volume registrado pelo medidor velho em cada apartamento analisado, onde  $i$  é o tempo compreendido entre os cinco meses de abril a agosto de 2020.

Com isso foi possível encontrar a diferença volumétrica individualizada, bem como, somando todas, a diferença total de cada empreendimento, nos dois anos estudados, para observar se o novo parque de hidrômetros obteve maior capacidade de medição desconsiderando demais mudanças de hábitos de consumo.

#### 4.10 ANÁLISE DOS NOVOS VOLUMES E SEU IMPACTO NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO E RETORNO FINANCEIRO

Com os dados encontrados e tabulados foi possível observar o comportamento das 21 ligações com medidores em série e como se comportou o novo parque de

hidrômetros, identificando se a variação volumétrica interferiu de forma positiva ou negativa o setor de abastecimento local.

Foi possível também estimar, a partir de um orçamento com os custos alocados no experimento e a variação no faturamento dentro dos conjuntos antes e após as substituições, se o investimento conferiu retorno financeiro calculando o *ROI*, e enfim a sua viabilidade de replicação ou não em outros sistemas similares.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos através da metodologia foram influenciados principalmente pelos seguintes confrontos:

- Os conjuntos são fechados com portão e sistema de guarita, acarretando dificuldade de acesso aos hidrômetros;
- Quantidade considerável de apartamentos desocupados em pelo menos um dos anos da análise volumétrica;
- Resistência por parte de alguns moradores para a instalação dos hidrômetros em série e até mesmo à substituição;
- Dificuldade no espaço físico dentro do protetor de segurança para instalação dos hidrômetros em série;
- Quantidade de peças existentes ressecadas, devido ao tempo de instalação das mesmas (mais de sete anos), o que causou a necessidade de troca e, conseqüente, aumento do tempo da ação de instalação dos kits em série e das substituições.

Referente à disposição dos resultados, estes estão divididos em três tópicos, o primeiro será apresentado e discutido o erro, entre medidores, identificado em cada um dos 21 imóveis onde os kits de hidrômetros em série (velho e novo) foram instalados.

No segundo tópico foram analisados os volumes micromedidos nos meses de abril a agosto de 2020 e 2021, detectando-se as possíveis causas para as variações encontradas. Ao final foram orçados e avaliados os custos do experimento concluindo se o mesmo foi financeiramente viável para Companhia, bem como propostas para a sua aplicação em outras áreas com características similares.

### 5.1 ANÁLISE DO ERRO DA AMOSTRA DAS LIGAÇÕES EM SÉRIE

Vale salientar que a localização dos 21 apartamentos onde o kit de medidores em série foi instalado seguiram os critérios descritos nesta metodologia, tais como, clientes adimplentes, consume média mensal acima de 10m<sup>3</sup> e etc. O resultado do erro encontrado foi calculado a partir da Equação 6, que se refere a diferença percentual do volume obtido no medidor velho para o novo.

Para uma maior precisão dos resultados foi adotado o uso de duas casas decimais em todas as leituras realizadas, mesmo não sendo o padrão de coleta para o faturamento das contas pela Companhia, que utiliza apenas o valor natural (inteiros e positivos) de metros cúbicos registrado em cada hidrômetro. Essa quantidade de casas decimais utilizadas corresponde ao valor de dezenas de litros. Esses dados foram compilados e estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Leituras e erros dos medidores em série

Localização	LV <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> )	LV <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> )	(LV <sub>2</sub> -LV <sub>1</sub> ) (m <sup>3</sup> )	L <sub>Novo</sub> - 200l (m <sup>3</sup> )	ERRO (%)
TC II Bloco 08 AP 203	1535,57	1618,60	83,03	56,2	-47,74%
TC II Bloco 19 AP 204	1127,17	1191,39	64,22	56,04	-14,60%
TC II Bloco 06 AP 203	846,6	866,52	19,92	17,45	-14,15%
TC II Bloco 21 AP 103	1748,35	1787,20	38,85	36,04	-7,80%
TC II Bloco 41 AP 202	1885,87	1963,38	77,51	72,97	-6,22%
TC II Bloco 07 AP 202	1763,62	1861,23	97,61	92,14	-5,94%
TC II Bloco 41 AP 102	1271,91	1350,42	78,51	76,25	-2,96%
TC II Bloco 31 AP 204	1429,5	1523,45	93,95	92,96	-1,06%
TC III Bloco 15 AP 104	2270,92	2371,26	100,34	100,01	-0,33%
TC II Bloco 44 AP 103	1462,86	1528,24	65,38	65,41	0,05%
TC II Bloco 14 AP 103	699,84	741,70	41,86	42,25	0,92%
TC III Bloco 12 AP 103	1236,00	1293,43	57,43	58,51	1,85%
TC III Bloco 12 AP 102	954,00	988,46	34,46	35,49	2,90%
TC III Bloco 13 AP 203	216,00	288,47	72,47	74,91	3,26%
TC II Bloco 32 AP 203	492,68	564,43	71,75	74,74	4,00%
TC II Bloco 35 AP 103	1538,37	1598,21	59,84	66,14	9,53%
TC II Bloco 26 AP 202	1321,54	1380,67	59,13	68,02	13,07%
TC II Bloco 44 AP 201	1033,42	1035,19	1,77	2,53	30,04%
TC II Bloco 25 AP 201	964,05	976,00	11,95	20,05	40,40%
TC II Bloco 08 AP 204	1429,63	1462,04	32,41	60,98	46,85%
TC III Bloco 16 AP 202	741,00	788,32	-	-	-
		totais	1162,39	1169,09	

Fonte: autoria própria, 2021.

Foi percebido que os medidores novos possuíam leitura de 200 litros, pois os mesmos foram submetidos, pelo fabricante bem como pelo laboratório de medição da Cagece – GEMED, a um teste de vazão antes de destiná-los à instalação em campo. Com isso, para o cálculo do erro do período estudado foram subtraídos 200 litros da leitura do último mês de cada medidor novo – L<sub>Novo</sub> (5ª coluna na Tabela 1).



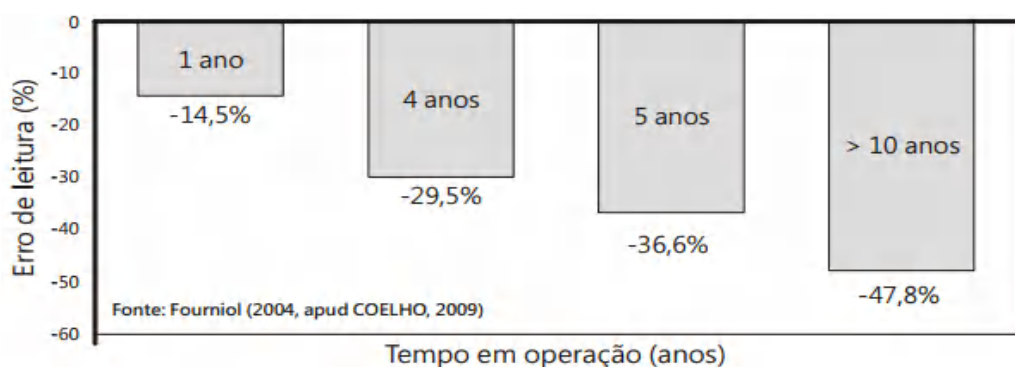
O medidor do imóvel Nº 202 do Bloco 16 do conjunto habitacional Tenente Coelho III, apresentou duas inconformidades para o estudo. Inicialmente o medidor novo foi instalado de forma invertida fazendo com que o mesmo registrasse leituras retrocedentes, o imóvel também apresentou um vazamento no joelho roscável PVC branco localizado após o medidor novo e antes do medidor velho, isso fez com que o volume desperdiçado fosse registrado apenas no medidor novo. Devido a tais ocorrências esse imóvel foi desconsiderado da análise, restando 20 imóveis com medidores em série.

Pode-se perceber que o apartamento 201 do Bloco 44 consumiu, nos cinco meses do período do estudo apenas 2,53 metros cúbicos, em visita ao local foi possível perceber que o mesmo se encontrava desocupado, fazendo com que sua relevância dentro do grupo das ligações em série fosse reduzida.

De forma a melhor visualização a Tabela 1 está disposta em ordem crescente de acordo com o valor do erro encontrado. Esses resultados apresentam-se de forma heterogênea, o apartamento 203 do Bloco 08 no conjunto Tenente Coelho II teve um erro negativo de 47,74% enquanto o apartamento 204 do Bloco 16 do mesmo conjunto apresentou um erro positivo de 46,85% apresentando uma abrangência de resultado.

No total dos resultados obtidos nove imóveis apresentaram erro negativo, ou seja, os medidores novos apresentaram medição inferior aos medidores antigos, que possuíam mais de 7 anos de uso, contrariando alguns estudos como o de Fourniol (2004), o qual destaca que medidores com esse tempo de uso deveriam apresentar mais de 36,6% de erro conforme ilustra a Figura 21. Esperava-se encontrar uma redução de pelo menos 1% de redução na qualidade de medição em cada ano de uso do parque.

Figura 21 – Erros de medição de hidrômetros segundo Fourniol (2004)



Fonte: Adaptado de Fournior, 2004 *apud* Bezerra (2013).

Os outros onze imóveis da amostra apresentaram erro positivo, porém em seis destes o valor do erro foi inferior a 5%, o que leva a crer que o medidor antigo possuía uma baixa submedição. Ainda neste grupo, cinco imóveis apresentaram erros positivos entre 9,53% a 46,85%, abrangência elevada, indicando baixa uma correlação dentro da amostra.

Por fim ainda na Tabela 1 vê-se nos totais que os medidores novos dos 20 apartamentos da amostra mediram apenas 6,70 metros cúbicos a mais que o somatório dos medidores antigos totalizando um percentual de 0,57%.

Salienta-se que os medidores substituídos possuíssem mesma idade (7,5 anos), bem como um volume total já medido de aproximadamente 1500m<sup>3</sup>, assim como os novos instalados possuíam mesmas características hidrométricas semelhantes entre si, isentando essas características das variações encontradas.

No trabalho desenvolvido por Scalize, *et al* 2013, os mesmos verificaram a necessidade de se implantar programa para analisar o desempenho metrológico dos hidrômetros instalados em um determinado local, de forma a possibilitar ao invés da troca em massa uma troca pontual dos medidores com submedição, ou a permanência desses mesmo com idade de instalação já avançada.

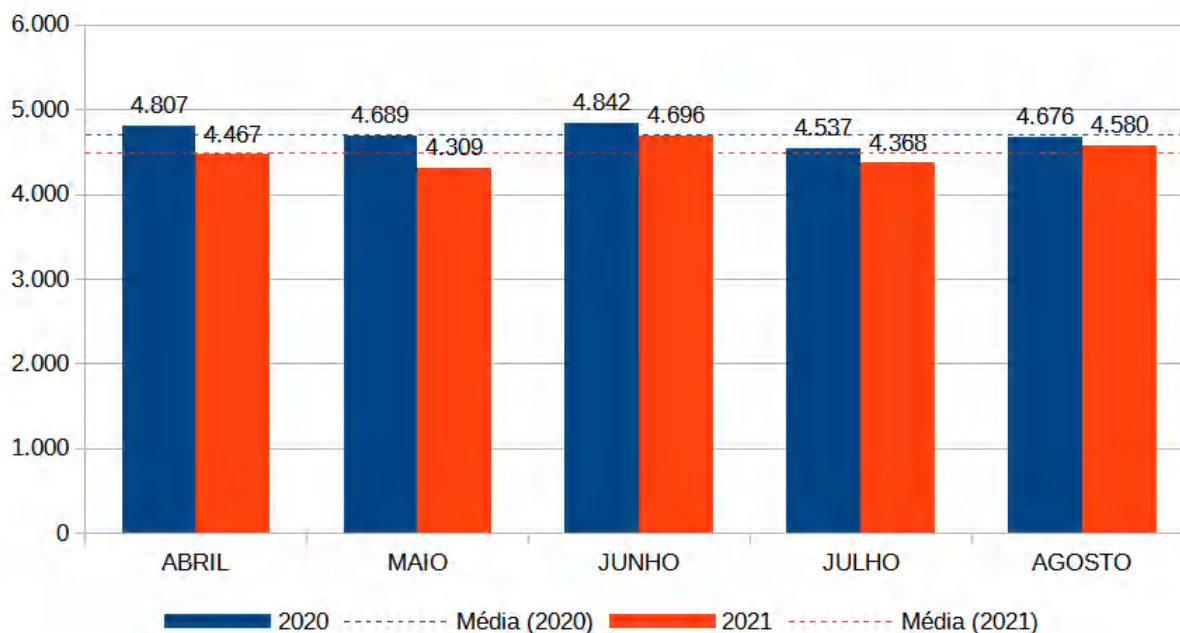
Com isso percebe-se que, apenas a escolha do local atendendo critérios recomendados pela literatura e o tempo de uso do parque que hidrômetros, não são garantidores de que a troca dos hidrômetros trarão resultados positivos nos volumes.

## 5.2 NOVO VOLUME MICROMEDIDO APÓS SUBSTITUIÇÕES DOS HIDROMETROS

Neste segundo tópico dos resultados, analisou-se o impacto volumétrico que a substituição em massa dos micromedidores ocasionou dentro do sistema. De forma a melhorar a visualização, bem como otimizar a quantidade de dados, foram criados os gráficos, a partir das tabelas, com o somatório dos volumes micromedidos mensalmente em 2020 e 2021, por cada conjunto habitacional, assim como um gráfico compilado dos volumes nos dois conjuntos.

Na Figura 22, observam-se os valores totais micromedidos no Conjunto Habitacional Tenente Coelho II, entre os meses de abril a agosto dos anos de 2020 e 2021, nas cores azul e vermelho, respectivamente. Observa-se também as linhas pontilhadas, que correspondem aos valores do consumo mensal médio de cada ano.

Figura 22 – Somatório do volume micromedido no TC II



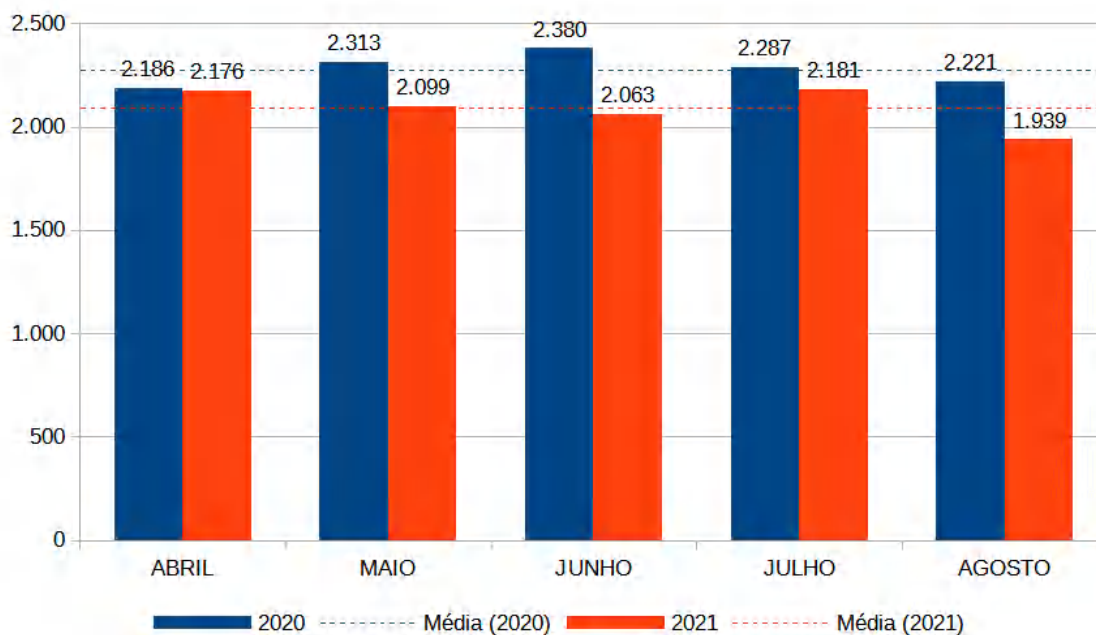
Fonte: autoria própria, 2021.

A média do consumo mensal no ano de 2020 foi de 2.330,80m<sup>3</sup>, enquanto que, em 2021, essa média foi de 2.113,4m<sup>3</sup>, uma redução de 217,40m<sup>3</sup> de um ano para o outro. Maio foi o mês que apresentou maior diferença mensal, com 299 metros cúbicos a mais que o registrado no mesmo mês de 2020.

Esperava-se que, no ano de 2021, o parque de hidrômetros, compostos dos medidores novos, registrasse um total consumido superior ao ano anterior, porém, não foi essa a realidade trazida pelos dados. Este acontecimento também não foi percebido no TC III conforme dados da Figura 23.

A média mensal do conjunto no ano de 2020, para este conjunto habitacional foi de 2.277,40m<sup>3</sup>, enquanto que, no 2021, foi de 2.091,60m<sup>3</sup>, uma queda de 185,80m<sup>3</sup>. Valores e comportamento similares ao primeiro conjunto analisado. O mês de junho foi o que apresentou maior cisão entre os volumes, registrou-se 317m<sup>3</sup> a mais que o registrado no ano de 2020.

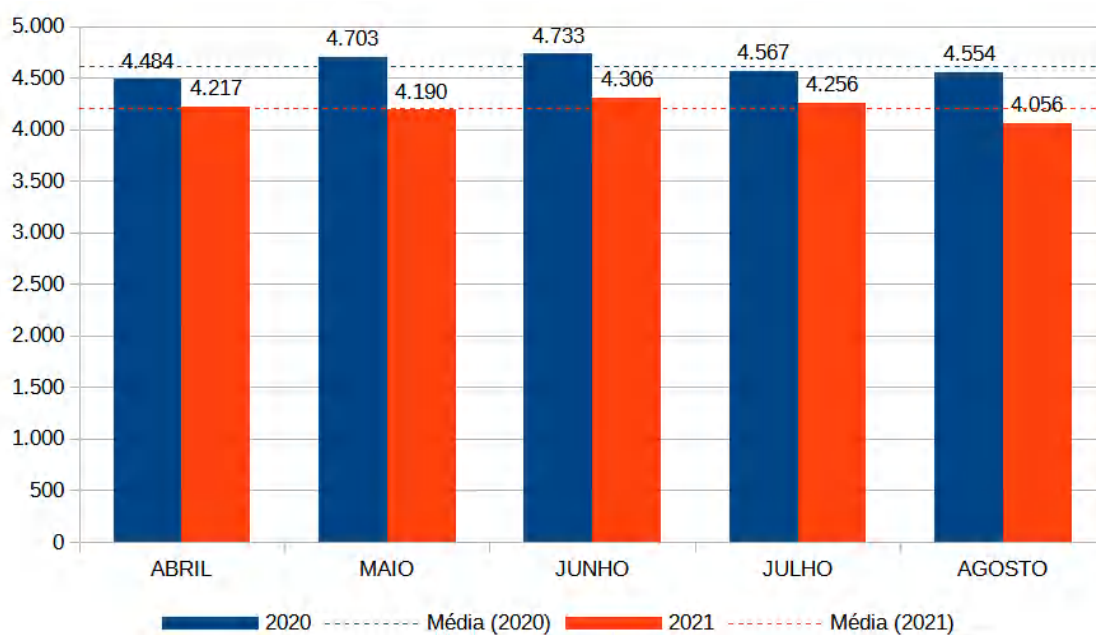
Figura 23 – Somatório do volume micromedido no TC III



Fonte: autoria própria, 2021.

Na Figura 24 tem-se a junção dos volumes dos dois conjuntos, como visto nos gráficos anteriores, ambos apresentaram comportamento similares, tanto no total mensal consumido, como apresentando queda de demanda pelo novo parque de hidrômetros, nos meses analisados no ano de 2021.

Figura 24 – Somatório do volume micromedido no TC II e III



Fonte: autoria própria, 2021.

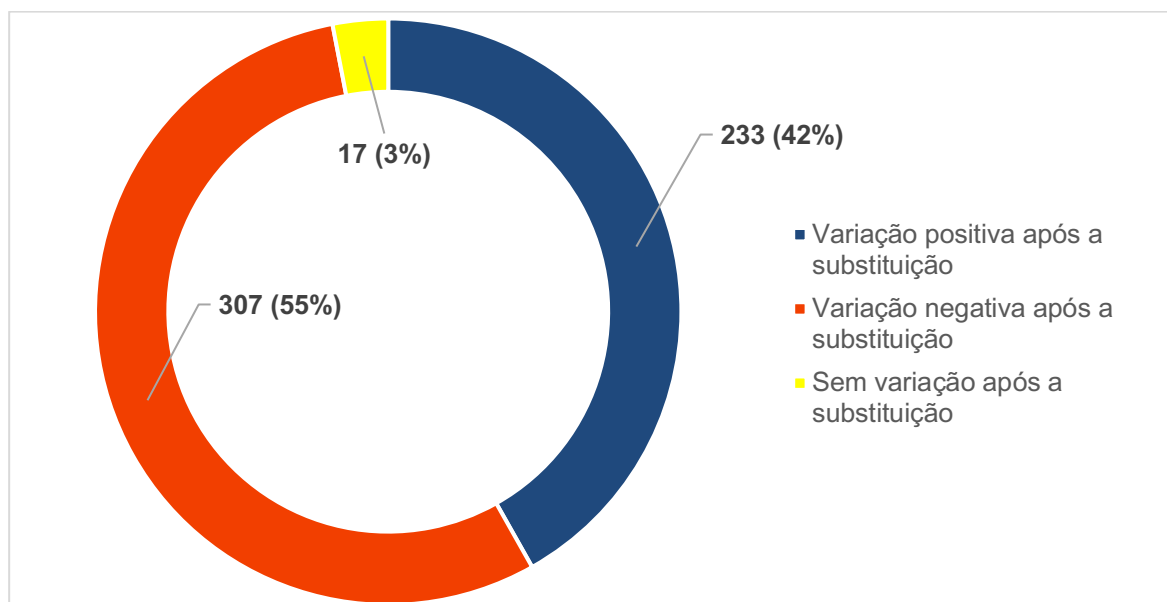
A média mensal de consumo no ano de 2020, analisando os dois conjuntos contidos na área de estudo, foi de 4.608,20m<sup>3</sup>, em 2021 o consumo médio foi de 4.205,00m<sup>3</sup>, uma redução de 403,20m<sup>3</sup>, a redução percentual de volume registrada entre 2020 e 2021, nos meses de abril, maio, junho, julho e agosto, foi de 5,95%, 10,91%, 9,02%, 6,81% e 10,94%, respectivamente.

Conforme estudos, como o de Sá (2007), constatou-se que, no período de adaptação após substituição dos hidrômetros, há um aumento de consumo que após alguns meses, sofre um decréscimo. Podemos observar uma tendencia de decréscimo nos meses de junho a agosto de 2021.

Apenas com esses dados de volumes não se pode concluir, com fidiúcia, que tais reduções foram causadas apenas pelos erros de medição dos parques de hidrômetros pois, existe outros fatores influenciadores para essas variações.

Analisando individualmente a variação do consumo dos apartamentos, foi possível criar a Figura 25, em que se pode observar a quantidade de apartamentos que tiveram seu consumo maior, menor ou igual ao micromedido no ano anterior.

Figura 25 – Gráfico do resultado da variação volumétrica por apartamento do TC II e III



Fonte: autoria própria, 2021.

Vê-se na Figura 25, que mesmo todos os meses apresentando um total de medição inferior no ano de 2021, foi registrado, em 233 apartamentos, uma variação

positiva entre os períodos analisados e 17 com variação nula, mesmo assim não foi o suficiente para que o volume total de 2021 fosse superior.

A Tabela 2 observa-se a compilação de todos os resultados de quantidade dos apartamentos e volumes encontrados, separando-os de acordo com os dados analisados e amostras desconsideradas, em cada conjunto e, em sua totalidade, para os períodos de 2020 e 2021.

Tabela 2 – Quadro Resumo dos resultados

Dados	Unidade	TC II	TC III	Total
Total		352	352	704
Medidores substituídos		313	306	619
Medidor não substituído		39	46	85
Medição zerada em 2020	Quantidade de Apartamentos em unidades	20	18	38
Medição zerada em 2021		14	10	24
Variação positiva após a substituição		115	118	233
Variação negativa após a substituição		155	152	307
Sem variação após a substituição		9	8	17
Total analisada		279	278	557
Total em 2020	Volume micromedido em m <sup>3</sup>	11.654	11.492	23.146
Total em 2021		10.567	10.343	20.910
Variação		-1.087	-1.149	-2.236
Variação Percentual		-10,29%	-11,11%	-10,69%
Total em 2020	Volume macromedido em m <sup>3</sup>	13.505	14.912	28.417
Total em 2021		13.198	-	-
Variação		-307	-	-
Variação Percentual		-2,27%	-	-

Fonte: autoria própria, 2021.

Observa-se na Tabela 2 que, o novo parque de hidrômetros mediu nos dois conjuntos, volumes inferiores ao registrado no antigo parque de hidrômetros em 2020, destaque para o conjunto Tenente Coelho II, que registrou uma queda de 1.087m<sup>3</sup> valor correspondente a 10,29% de redução, nesse condomínio foi registrado o volume macromedido em ambos os períodos, sendo registrado 13.505m<sup>3</sup> no somatório dos meses de 2020 e 13.198m<sup>3</sup>, no somatório de 2021, redução de 2,27% que

corresponde a um valor bem menor que a redução dos micromedidores que foi de 10,29 para este conjunto.

No Tenente Coelho III não se conseguiu coletar os dados de macromedição do ano de 2021, foi detectado que o macromedidor do local apresentou defeito, não registrando meses do período da pesquisa, impossibilitando, assim, a correlação entre os volumes macro e micromedidos do local e um somatório dos dois conjuntos.

No somatório dos dois empreendimentos houve redução de 2.236m<sup>3</sup> no ano de 2021, quando comparado com os volumes registrados pelos micromedidores em 2020, o que corresponde uma redução total de 10,69%.

Atenta-se que, o comparativo mensal entre os anos, sofreu influências climáticas semelhantes, como também, além de considerar que o enfrentamento da pandemia, confere um consumo mais acentuado, derivado dos cuidados de higiene e tempo de permanência maior dos residentes na moradia.

Considerando-se também, o fato que toda a rotina de abastecimento não foi alterada (manobras, pressão da rede e tempo de continuidade) e que, os apartamentos que tiveram o consumo igual a zero foram desconsiderados para a análise, é possível perceber que em todos os meses do ano de 2020 o valor registrado foi superior a 2021.

O que leva a crer que, fatores como: o aumento tarifário implementado em janeiro de 2021 (Cagece), a própria substituição dos hidrômetros, a variação populacional, retorno as escolas e reabertura de comércio – podem ter impacto de forma mais expressiva ao decréscimo do volume registrado no ano de 2021, do que as demais influências consideradas nesta pesquisa.

### 5.3 ANÁLISE DOS NOVOS VOLUMES E SEU IMPACTO NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO E RETORNO FINANCEIRO

A Tabela 3 observa-se o orçamento no que se refere aos custos totais com mão de obra e materiais, que foram gastos no experimento deste estudo. O quantitativo foi levantado de acordo com todas as substituições e montagens de kits em série, incluindo os que não foram considerados para a análise.

Foram considerados os preços unitários segundo dados da Secretaria de Infraestrutura do estado do Ceará (SEINFRA, 2021), segundo tabela vigente adotada para licitações de todos os órgãos do estado. Os itens 02 e 06 foram coletados do

sistema interno de compras da Cagece – GESUP, pois não constavam dentre as opções nas tabelas da SEINFRA (2021).

Tabela 3 – Orçamento das substituições dos hidrômetros no TC II e III

ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO DO ITEM	UNID.	QUANT.	VALOR UNIT.	TOTAL
01	C2958	Substituição ou instalação de hidrômetro em cavalete montado (caso e,n)	un	598	R\$ 19,00	R\$ 11.363,88
02	60605...2	Hidrômetro velocimétrico, CL- B, Qn 1,5m³ x Dn 20mm	un	619	R\$ 54,04	R\$ 33.450,76
03	I9374	Guarnição DN 20 mm p/ tubete	un	1280	R\$ 0,25	R\$ 320,00
04	I2320	Encanador	h	84	R\$ 22,72	R\$ 1.908,48
05	I0043	Ajudante de encanador	h	84	R\$ 18,63	R\$ 1.564,92
06	202018...8	Padrão lacre lock (pll) 700 mm azul (lig. água ativa) p/ lacração hidrômetro	un	619	R\$ 1,20	R\$ 742,80
07	I2200	Tubo PVC soldável de 25mm (3/4")	m	15	R\$ 2,99	R\$ 44,85
08	I1308	Joelho redução PVC soldável com rosca de 25x1/2"	un	42	R\$ 1,80	R\$ 75,60
09	I2363	Joelho PVC soldável 25mm	un	84	R\$ 1,17	R\$ 98,28
10	I2381	Níple PVC com rosca de 3/4"	un	42	R\$ 1,17	R\$ 49,14
					Total	R\$ 49.618,71

Quarenta e nove mil, seiscentos e dezoito reais e setenta e um centavos

Fonte: autoria própria, 2021.

Para o serviço de instalação de hidrômetros em série, foi considerado o tempo de 4 horas por servido de um encanador e seu ajudante, tempo e mão de obra que foram destinados a cada um dos serviços.

Foram designados R\$ 25.948,36 para o TC II e R\$ 23.669,45 para o TC III totalizando R\$ 49.618,71. Como, após as substituições, o volume medido passou a ser inferior ao anterior medido, na abordagem entre os anos analisados, o volume faturado consequentemente também apresentou interferências.

Na compilação com dados comerciais fornecidos pela Cagece, considerou-se todos os imóveis existentes nos Conjuntos Tenente Coelho II e III, ou seja, foram incluídos os faturamentos de todas as contas pagas considerando tarifas de distribuição de água e coleta e tratamento de esgoto, até dos imóveis que não foram



considerados na análise volumétrica, a exemplo dos imóveis que não tiveram seu hidrômetro substituído.

Tal análise financeira teve o intuito de identificar o impacto gerado no faturamento nos meses analisados por este estudo. É possível perceber que só não houve ganho de faturamento, quando comparado 2020 e 2021, no mês de maio. Porém, quando considerado o reajuste tarifário aplicado em janeiro de 2021, conforme Resolução 045/2020 da Cagece, e incidirmos nos faturamentos de 2020, os 12,25% de aumento, os seus valores de faturamento seriam maiores que os faturados em todos os meses de 2021, apresentando quedas mensais conforme valores e percentuais contidos na Tabela 4.

Tabela 4 – Comparativo de faturamento 2020 x 2021

Dado/Mês	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto
Faturamento 2020	R\$ 34.185,72	R\$ 35.073,54	R\$ 33.680,85	R\$ 32.949,48	R\$ 32.905,91
Faturamento 2020 corrigido c/reajuste de 2021 (12,25%)	R\$ 38.373,47	R\$ 39.370,05	R\$ 37.806,75	R\$ 36.985,79	R\$ 36.936,88
Faturamento 2021 descontado reajuste	R\$ 34.872,69	R\$ 34.205,14	R\$ 35.375,33	R\$ 33.203,68	R\$ 34.375,70
Diferença de faturamento	-R\$ 3.500,78	-R\$ 5.164,91	-R\$ 2.431,42	-R\$ 3.782,11	-R\$ 2.561,18
Diferença de faturamento (%)	-9,12%	-13,12%	-6,43%	-10,23%	-6,93%
ROI mensal	-107,06%	-109,72%	-104,17%	-106,23%	-103,97%
Payback	-	-	-	-	-

Fonte: autoria própria, 2021.

Diante de quedas no faturamento mensal, o ROI relativo de cada mês da ação apresentou valores negativos, o que demonstra que, além do valor total investido na ordem de R\$ 49.617,17, deve-se considerar quota de redução do faturamento mês a mês, resultado que não era esperado e impossibilitando o cálculo do payback para os meses analisados, ou seja, a ação não teve retorno direto com incremento de faturamento.

Considerando-se que no período dos cinco meses houve uma redução de 17.440,41 reais de faturamento, quando não considerado o reajuste de janeiro de

2021, podemos concluir que o ROI neste período foi de -127,04%, significando que a ação teve além do prejuízo do investimento inicial um total de 27,04% de perda no faturamento no período.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme os resultados e discussões realizadas nesta pesquisa, pode-se concluir que, uma das possíveis razões para os resultados encontrados, nas ligações em série, está na interferência hidráulica que os micromedidores podem ter sofrido devido a quantidade de conexões (curvas) no modelo adotado para as ligações em série. Essa quantidade foi maior que a utilizada num padrão de ligação normal, possivelmente criou vórtices e/ou perdas de cargas desconhecidas muito próximo dos micromedidores, interferindo no volume medido.

Outro fator que pode ter influenciado nos resultados encontrados foi a presença de erro positivo no medidor antigo, ou seja, o mesmo estava medindo um volume superior ao real consumido nos apartamentos em questão. Este fato pode ter relação à qualidade da água que passa pelo aparelho, pois a presença de resíduos na peneira de entrada faz com que o medidor tenha sua exatidão afetada. Com isso sugere-se para trabalhos futuros a análise da qualidade física da água.

Para se ter um nível de confiança maior, seria necessário instalar os kits em série em um grupo amostral superior de imóveis, e com isso correlacionar o erro encontrado para os parques dois conjuntos. Encontrando assim a submedição mais aproximada do parque de hidrômetros velho.

Já através dos resultados observados no âmbito das substituições em massa dos dois conjuntos pode-se afirmar que o volume medido com o parque de hidrômetros novos no ano de 2021, foi inferior a demanda medida pelo parque de hidrômetros antigos no ano de 2020.

Ante o objetivo geral desta pesquisa, na substituição dos hidrômetros, os resultados conferiram comportamento adverso às expectativas expostas na literatura. Incluindo os resultados dos volumes dos medidores instalados em série com baixo erro relativo entre medidores.

Todo o experimento executado leva a crer que seria necessário a substituição por tecnologia superior à de medidores de classe B, para se ter um retorno volumétrico e financeiro mais satisfatório, com a diminuição da submedição dentro dos conjuntos, pois o abastecimento direto dos apartamentos faz com que os medidores trabalhem pouco tempo em baixas vazões.

Devido a todos os acontecimentos conclui-se que, promover uma troca em larga escala de hidrômetros, de mesma classe hidrométrica, baseado na sua idade, causa a retirada de hidrômetros que estariam em condições plenas de medição.

Recomenda-se para futuros trabalhos o cálculo do perfil de consumo dos habitantes do local em estudo. A partir desse perfil e coletando uma amostra do parque de hidrômetros existente, calcular o IDM para avaliar se o mesmo está com ótimo desempenho ou medindo volumes com erros elevados. E só então, determinar a substituição ou não dos hidrômetros. Evitando-se assim, possíveis custos sem retorno financeiro satisfatório para o financiador da ação.

## REFERÊNCIAS

ANA, Agência Nacional das Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017**: Relatório Pleno. Brasília: Ana, 2017 Disponível: [http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2017\\_rel-1.pdf](http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2017_rel-1.pdf). Acesso em: 10 mar. 2021.

ABES. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Controle e Redução de Perdas nos Sistemas Públicos de Abastecimento de Água**. 2015. Disponível: [http://abes-dn.org.br/pdf/28Cbesa/Perdas\\_Abes.pdf](http://abes-dn.org.br/pdf/28Cbesa/Perdas_Abes.pdf). Acesso em: 10 abr 2021.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas – **NBR NM212** – Medidores velocimétricos de água fria até 15 m<sup>3</sup>/h, Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas – **NBR 12.218** – Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento, Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

AESB, Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento, **Série balanço hídrico, Guia prático de procedimentos para estimativa de submedição no parque de hidrômetros**, 2015, volume 3. Disponível em: <[http://www.aesbe.org.br/wp-content/uploads/2018/04/GUIA-3\\_V5-.pdf](http://www.aesbe.org.br/wp-content/uploads/2018/04/GUIA-3_V5-.pdf)>

AGUIAR, Ludimila Costa. **Avaliação de perdas aparentes de água potável por erros de medição em hidrômetros de economias da Grande Vitória-ES**. 2019. 142 f. Dissertação (Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) - Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2019

ARCE. **Resolução 130**. 2010. Disponível em: <https://www.arce.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/53/2018/05/resolucao-130.10.pdf>. Acesso em: 20 abr 2021.

ARREGUI, F.; COBACHO, R.; SORIANO, J.; GARCÍA-SERRA, J. **Calculating the optimum level of apparent losses due to water meter inaccuracies**. In: WATER LOSS 2010, Specialist Conference. Proceedings. São Paulo, SP, 2010.

BORGES, Elsio Júnior Bonati. **Análise da micromedição do volume de água potável domiciliar e sua influência no cálculo das perdas no sistema de distribuição**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). – Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais. 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14237/1/EJBBorgesDISPRT.pdf>, Acesso em: 20 abr 2021

BRASIL. Ministério da Saúde. Lei nº. 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as leis nºs 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, 11 jan. 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n.º 2.914**, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, 14 de dezembro de 2011. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html). Acesso em: 11 abr. 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Portaria n.º 490**, de 22 de março de 2021. Estabelece os procedimentos gerais para o cumprimento do disposto no inciso IV do caput do art. 50 da Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007, e no inciso IV do caput do art. 4º do Decreto n. 10.588, de 24 de dezembro de 2020. Diário Oficial da União, Brasília 22 de março de 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-490-de-22-de-marco-de-2021-309988760>. Acesso em: 11 abr. 2021

BRASIL, **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**, Organizações das Nações Unidas, ONU, 2015 Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/6>> Acesso em: 11 abr. 2021.

BRASIL, Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF 09/01/1997, P. 470. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm). Acesso em: 10 mar. 2021

BORGES, Elcio Júnior Bonati, 1979- **Análise da micromedição do volume de água potável domiciliar e sua influência no cálculo das perdas no sistema de distribuição**. 2007. 88f. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2007

CAGECE, Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará. **Relatórios Técnicos** enviadas através da Gerencia de Medição – GEMED, 2021.

CARNEIRO, Cátia Sofia Ferreira. **O ciclo urbano da água - uma abordagem pedagógica**. 2007. Dissertação (Mestrado em Física e Química para o Ensino) – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real - Portugal, 2007.

CARVALHO, Fernando Silva de; PEPLAU, Guilherme Rocha; CARVALHO, Gustavo Silva de; PEDROSA, Valmir de Albuquerque . **Estudos sobre Perdas no Sistema de Abastecimento de Água da Cidade de Maceió**. In: VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2004, São Luís. VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2004. Disponível em: <https://ctec.ufal.br/professor/vap/perdassistemadeabastecimento.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2021

CIDADE BRASIL, **Município de Juazeiro do Norte** 202. Disponível em: <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-juazeiro-do-norte.html> Acesso em: 25 mar. 2021.

COELHO, Adalberto Cavalcanti. **Micromedição em sistemas de abastecimento de água/Adalberto Cavalcanti Coelho**. – João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2009. 348p. il. SBN: 97885-7745-401-3.

COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. Portal Hidrológico do Ceará, **Volume Armazenado dos Reservatórios, 2021**. Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br/> Acesso em: 25 mar. 2021.

CONFLITOS NO CAMPO, 2019: Brasil 2019 Centro de documentação Dom Tomás Balduino; coordenação, Antônio Canuto, Cássia Regina da Silva Luz e Paulo César Moreira dos Santos – Goiânia: CTP Nacional, 2020. Disponível em: <https://www.cptnacional.org.br/publicacao/summary/41-conflitos-no-campo-brasil-publicacao/14195-conflitos-no-campo-brasil-2019-web> Acesso em: 25 mar. 2021.

CUNHA, B. S.; SANTOS, S. M.; GONZALEZ, B. C. **Gestão das perdas de água em Sistemas de Abastecimento**. REVISTA DAE, v. 69, p. 67-86, 2021. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/338052225\\_Gestao\\_das\\_Perdas\\_de\\_Agua\\_em\\_Sistemas\\_de\\_Abastecimento](https://www.researchgate.net/publication/338052225_Gestao_das_Perdas_de_Agua_em_Sistemas_de_Abastecimento). Acesso em 17 mar. 2021.

DEPEXE, M. D.; GASPARINI, R. R. **Determinação de taxas anuais de redução da eficiência da medição de hidrômetros**. Saneas, v. 45, n. XII, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/DWbjtJXGb4BfCvzDjkFB8HQ/?lang=pt#>. Acesso em: 28 mar. 2021.

DUARTE, C. K. A. R. **Avaliação do desempenho hidroenergético do Sistema de Abastecimento de Água Utinga – Bolonha – Setor Guanabara**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Pará. 2018. Disponível em: <https://ppgec.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2018/Cintya.pdf.pdf>. Acesso em 28 abr. 2021.

FOURNIOR, M. **Avaliação do parque de hidrômetros**. Maceió: [s.n], 2004.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Redução de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água**. 2014. Disponível em: [http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/reducao\\_de\\_perdas\\_em\\_saa74.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/reducao_de_perdas_em_saa74.pdf). Acessado em: 19 abr. 2021.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de orientações técnicas para elaboração e apresentação de propostas e projetos para sistemas de abastecimento de água**. Portaria Funasa nº 526, de 6 de abril de 2017.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Calendário das Chuvas do Estado**. 2021. Disponível em: <http://funceme.br/app/calendario/produto/ceara/media/anual> Acesso em 25 mar. 2021.

FUNCEME, **Delimitação da região Semiárida no ano de 2017**. Disponível em: [http://www.funceme.br/wp-content/uploads/2019/02/8-Mapa\\_CE\\_Semi%3%A1rido\\_2017\\_A2.pdf](http://www.funceme.br/wp-content/uploads/2019/02/8-Mapa_CE_Semi%3%A1rido_2017_A2.pdf) Acesso em: 10 mar. 2021.

GONÇALVES, E.; LIMA, C. **Controle de Pressões e Operação de Válvulas Reguladoras de Pressão. Guias práticos – Técnicas de operação em sistemas**

**de abastecimento de água. Brasil.** Ministério das Cidades. Programa Nacional de Combate ao desperdício de água. 65p. Brasília, 2007.

GOVERNO DO BRASIL, **Integração do São Francisco chegará ao Cinturão das Águas do Ceará**, 2020. Disponível em <https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2020/08/integracao-do-sao-francisco-chegara-ao-cinturao-das-aguas-do-ceara> Acesso em: 10 março 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL – INMETRO. **Portaria nº 246, de 17 de outubro de 2000**. Aprova o regulamento técnico metrológico, estabelecendo as condições a que devem satisfazer os hidrômetros para água fria, de vazão nominal até quinze metros cúbicos por hora. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/rtac/pdf/RTAC000667.pdf>>. Acesso em: 06 mar. 2021.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). **Determinação e Caracterização da Submedição no Rol Comum em Cada Unidade de Negócio da Sabesp – RMSP**. IPT. São Paulo, 2007.

IPEA, **Transposição do Rio São Francisco: Análise de Oportunidade do Projeto**. 2011. Disponível em: [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1418/1/TD\\_1577.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1418/1/TD_1577.pdf) Acesso em 25 mar. 2021.

KOO, D; PIRATLA, K; MATTHEWS, C. J. **Towards Sustainable Water Supply: Schematic Development of Big Data Collection Using Internet of Things (IoT)**. Procedia Engineering, Volume 118, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815021207>. Acesso em 15 mar. 2021

KUSTERKO, S. K. **Avaliação de desempenho para apoiar a gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água fundamentada na metodologia multicritério de apoio à decisão construtivista**. 2015. 356 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis 2015.

NIELSEN, M. J., TREVISAN, J., BONATO, A. e SACHET, M. A. C. (2003). **“Medição de Água, Estratégias e Experimentações”**. Companhia de Saneamento do Paraná, Paraná, Brasil, 200 p.

MELATO, D. S. **Discussão de uma metodologia para o diagnóstico e ações para redução de perdas de água: aplicação no sistema de abastecimento de água da região metropolitana de São Paulo**. 2010. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo. São Paulo. 2010.

MENDONÇA, S. R. (1975). **Manual do Reparador de Medidores de Água**. BNH/ABES/CETESB, São Paulo, Brasil, 178p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, **Curso Básico de Vigilância da Qualidade de Água para o Consumo Humano**. 2020. Disponível em: [https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/curso\\_basico\\_vigilancia\\_qualidade\\_agua\\_modulo\\_V.pdf](https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/curso_basico_vigilancia_qualidade_agua_modulo_V.pdf). Acesso em: 20 abr. 2021



MIRANDA, E. C. **Avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água indicadores de perdas e metodologias para análise de confiabilidade**. 2002. 215 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade de Brasília. Brasília. 2002.

MORO *et al.*, **Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará**. 2015. Disponível em: <[www.scielo.br/pdf/rod/v66n3/2175-7860-rod-66-03-00717.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rod/v66n3/2175-7860-rod-66-03-00717.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2021.

MOTTL, M. J.; GLAZER, B. T. KAISE, R. I.; MEECH, K. J. Water and astrobiology. **Geochemistry**. v. 67, n.4, p.253-282, 2007. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0009281907000311>. Acesso em: 25 mar. 2021.

OLIVEIRA, G. G. **Estudo da eficiência da micromedição e da sua relação com hidrometração e perdas de água na cidade de Mossoró – RN**. 2019. 45f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido UFERSA. Mossoró 2019.

ONU. **Organização das Nações Unidas. Líderes mundiais lançam nova agenda sobre uso de água**. Março, 2018. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2018/03/1614262>>. Acesso em: 02 mai. 2021.

ONU. **Organização das Nações Unidas. Unesco promove conferência internacional sobre gestão de água**. Maio, 2019a. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2019/05/1672041>>. Acesso em: 02 mai. 2021

ONU. **Organização das Nações Unidas. Mundo está longe de cumprir metas dos ODS relacionadas a alimentos e agricultura**. Julho, 2019b. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2019/07/1680491>>. Acesso em: 02 mai. 2021

ONU. **Organização das Nações Unidas. Recursos de água doce disponíveis por pessoa baixam mais de 20% em duas décadas**. ONU News, 2020. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2020/11/1734182>>. Acesso em: 10 mar. 2021.

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.

PATRÍCIO, R. J. O. **Análise de Perdas na Rede de Distribuição de Água em um Subsetor da Cidade de Presidente Prudente – SP**. 2007. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia – UNESP. Ilha Solteira – SP. 2007.

PERTEL, Monica; AZEVEDO, José Paulo Soares de; VOLSCHAN JUNIOR, Isaac . **Uso de indicadores de perdas para seleção de um benchmarking entre as companhias estaduais de serviço de distribuição de água no Brasil**. Engenharia Sanitária e Ambiental (Online), v. 21, p. 159-168, 2016.

PMSS, Programa de Modernização do Setor de Saneamento, **Apresentação do Projeto COM+ÁGUA**, 2015. Disponível em:

<http://www.pmss.gov.br/index.php/projeto-com-agua/apresentacao>. Acesso em: 13 abr. 2021.

PNCDA - PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA. **Micromedição: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental**. Brasília, 2004b. 171p. Documento Técnico de Apoio D3. Disponível em: <[http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA\\_D3.pdf](http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA_D3.pdf)>. Acesso em: 18 abr. 2021.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCDA. **Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental**. Brasília, 2004a. 80p. Documento Técnico de Apoio A2. Disponível em: <[http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA\\_A2.pdf](http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA_A2.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2021.

RODRIGES, J. A. **O impacto da utilização de diferentes equipamentos de medição no índice perdas em um setor do sistema de abastecimento de água da cidade de Campo Grande/MS**. 2014. 183 F. Dissertação (Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande – MS. 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/bitstream/123456789/2592/1/JOS%c3%89%20AILTON%20RODRIGUES.pdf>. Acessado em: 10 mar. 2021

RODRIGUES, Ramon, **Projeto Cinturão de Águas do Ceará – CAC**, Secretaria dos Recursos Hídricos do Ceará. 2016. Disponível em: <http://www.csbhbj.com.br/wp-content/uploads/2016/05/Apresentacao-CAC-SRH-05-05-16.pdf> Acessado em: 10 mar. 2021.

LIEMBERGER, R; WYATT A. 2019, **Quantifying the global non-revenue water problem**, Disponível em: <https://iwaponline.com/ws/article/19/3/831/41417/Quantifying-the-global-non-revenue-water-problem>

SÁ, Clarisse Campos. **A importância da micromedição no combate às perdas de água - estudo da hidrometração da companhia águas de Joinville**. 2007. 150f. Dissertação (mestrado em engenharia ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis -SC 2007

SALAMONI, S. S.; DELLA, J. P.; BACK, A. J. **Avaliação das perdas na distribuição de água: estudo de caso em São Bento Baixo**, Nova Veneza-SC.. Revista de Tecnologia e Ambiente, v. 20, p. 93-106, 2014. Disponível em: <http://periodicos.unesc.net/tecnoambiente/article/view/1563/1479>. Acesso em: 17 abr. 2021.

SALVINO, M. M. **Método de dimensionamento e controle operacional otimizado para redes de distribuição de água**. 2009. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa 2009.

SANTI, A. D.; CETRULO, Tiago Balieiro; MALHEIROS, Tadeu Fabricio. **Indicadores de Perdas de Água em Sistemas de Saneamento: Disponibilidade e Confiabilidade de dados em nível de Bacia Hidrográfica**. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental, v. 7, p. 386-410, 2018.

SANTOS, D. D. **Avaliação da metodologia para controle de perdas de água em sistema de distribuição no Recife-PE**. 2013. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE. 2013

SANTOS, D.D.; MONTENEGRO, S.M.G.L. **Avaliação da metodologia para controle de perdas de água em rede de distribuição no Recife-PE**. Revista DAE. 197, 56-70. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.128>. Acesso em 25 abr. 2021.

SANTOS JÚNIOR, C. A. **Micromedição: a importância dos ensaios e dimensionamento**. 46º Assembleia Nacional da ASSEMEA. Jaraguá do Sul- SC, 2016. Disponível em: <http://sistema.trabalhosassemee.com.br/repositorio/2016/10/trabalhos/467/570/t570t25e10a2016.pdf>. Acesso em 30 mar. 2021.

SCALIZE, P. S.; LEITE, W. C. A. **Variação na micromedição do consumo de água no funcionamento correto e reversível do hidrômetro**. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v.6, n. 1, p. 9-15, 2013. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/index.php/reec/article/view/21240/13102>>. Acesso em 30 set 2021.

SEINFRA, Secretaria de Infra Estrutura do Ceará. **Planos de Custos**, 2021. Disponível em: <https://www.seinfra.ce.gov.br/tabela-de-custos/>. Acesso em 10 set. 2021.

SILVA, A. C. N. **Panorama de perdas em sistemas de abastecimento de água no Brasil**. 2015. 42 f. Monografia (Graduação Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/7101/1/PDF%20-%20Alberto%20C%3%A9sar%20do%20Nascimento%20Silva.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2021

SILVA, C. M. **Análise das Perdas de Água em um Sistema Público de Abastecimento: enfoque na Influência da Classe Metrológica e do Tempo de uso dos Hidrômetros**. Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. UFMG. 2014. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9KYJ7B/1/disserta\\_\\_o\\_cristina\\_mendes\\_silva\\_2014.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9KYJ7B/1/disserta__o_cristina_mendes_silva_2014.pdf). Acesso em: 28 abr. 2021.

SILVA, F. C. *et al.* **Panorama de perdas em sistemas de abastecimento de água**. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 7., 2004, São Luis. Anais. São Luis: ABRH, 2004.

SILVA, J. **Como aplicar Hidrômetros Individuais em Edificações**. Ebook AltoQi. 2018. Disponível em: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/wp-content/uploads/2018/07/ebook-hidro-hidrometro-individual.pdf>. Acesso em 12 abr. 2021.

SILVA JÚNIOR, J. F. **Detecção de perdas em sistemas de distribuição de água através de rede de sensores sem fio**. 2017. 167 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

SILVA, N. R. **Estudo de Metodologias para Avaliação de Submedição de hidrômetros domiciliares em Sistemas de Água**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental. UNB. 2008. Disponível em: <http://ptarh.unb.br/wp-content/uploads/2017/03/NilceRegina.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2021.

SILVA, V. F. T.; BARONY, F. J. A.; PENNA, L. F. R.; AMORIM, D. D. **Diagnóstico das perdas físicas e não físicas no Sistema de Abastecimento de Água em Governador Valadares - MG**. in: VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2016, Campina Grande PB. Anais - Congressos Brasileiros de Gestão Ambiental, 2016. v. 7. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/IX-036.pdf>. Acesso em 17 abr. 2021.

SNIS 2019. **Diagnostico dos Serviços de Água e Esgoto**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagnostico-SNIS-AE-2019-Capitulo-08.pdf>. Acesso em 18 abr. 2021.

SNIS 2019. **Painel de informações de saneamento do Brasil**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-setor-saneamento> Acesso em 25 mar. 2021.

SNSA, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, **Perdas Aparentes, ações se assistência técnica em redução e controle de perdas de água e uso eficiente de energia elétrica**, 2018, Ministro das Cidades. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/downloads/publicacoes-acertar/perdas/Vol.4-Perdas-Aparentes.pdf>>.

SOARES, Augusto Feron. **Utilização de Sistemas de Informações Geográficas como instrumento de suporte à redução de perdas de água no sistema de abastecimento público do município de Joinville/SC**. 2015. 59 f. Monografia (Especialista em Geotecnologias no curso de Especialização em Geotecnologias) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2015. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/42612/R%20-%20E%20-%20AUGUSTO%20FERON%20SOARES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 11 mar. 2021.

SOBRINHO, R. A; BORJA, P. C. **Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes na RMS**. Revista Eng. Sanit. Ambient. vol.21 no.4 Rio de Janeiro Oct./Dec. 2016. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016116037>. Acesso em: 15 mar. 2021.

SUDENE, 2017, **RESOLUÇÃO Nº 115, DE 23 de novembro de 2017**. Disponível em: <[www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/739568/do1-2017-12-05-resolucao-n-115-de-23-de-novembro-de-2017-739564](http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/739568/do1-2017-12-05-resolucao-n-115-de-23-de-novembro-de-2017-739564)> Acesso em: 15 mar. 2021.

TARDELLI FILHO, J. **Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água**. Revista DAE. 2016. DOI 10.4322/dae.2015.012.

TRATA BRASIL, **Perdas de Água 2020 (SNIS 2018): Desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do Saneamento Básico**. 2020.

Disponível em:

[http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/Relat%C3%B3rio\\_Final\\_-\\_Estudo\\_de\\_Perdas\\_2020\\_-\\_JUNHO\\_2020.pdf](http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/Relat%C3%B3rio_Final_-_Estudo_de_Perdas_2020_-_JUNHO_2020.pdf) Acessado 12 abr. 2021.

TRATA BRASIL, **Redução das perdas de água potável tem potencial de ganhos líquidos de R\$ 30 bilhões até 2033**. 2020. Disponível em:

[http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/Release\\_-\\_Estudo\\_Perdas\\_de\\_%C3%81gua\\_JUNHO\\_2020.pdf](http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/Release_-_Estudo_Perdas_de_%C3%81gua_JUNHO_2020.pdf) Acessado 12 abr. 2021.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de Água**. São Paulo, 2006, 643 p.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgoto**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

## ANEXO A

Cagece		Instrução de Trabalho		GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ Secretaria do Meio Ambiente	
Título:	Código:	Versão:	Página:		
Execução do Serviço 336 – Substituição para Gestão do Parque de Hidrômetros – UNMTL	ITOPE036	01	1/1		
<b>Base desta IT: POPOPE030 Execução do Serviço 336 – Substituição para Gestão do Parque de Hidrômetros – UNMTL</b>					
<b>1. Generalidades</b>					
<b>Ferramentas:</b> 01 Pá; 01 Chave de grifo 08, 10 e 12; 01 Alavanca; 01 Arco e lâmina de serra; 01 Colher de pedreiro;			<b>Cuidados</b> <b>Segurança</b> <b>EPI</b> Bota; Luva; Óculos; Capacete; Protetor solar; Uniforme		
<b>Materiais:</b> <b>a) Hidráulico</b> 1) Tubo de PVC de 25 mm e 32 mm; 2) Conexões para os diâmetros citados; 3) Adesivo; 4) Veda rosca; 5) Caixa de proteção; 6) Kit de substituição do hidrômetro;			<b>Ambiental</b> Recolher restos de materiais e deixar na Construtora (no local determinado para esse fim).		
			<b>Manutenção</b> Zelar as ferramentas utilizadas na execução dos serviços.		
<b>2. Passos</b>					
1. A equipe de campo recebe a PS e as OS's do programador da UNMTL-20; 2. Desloca-se ao endereço programado e comunica ao cliente o serviço a ser executado, caso pertinente; 3. Verifica o local de substituição do hidrômetro e se há condições de executar o serviço; <b>Nota 1:</b> Caso o hidrômetro esteja localizado dentro do imóvel, o responsável pela substituição comunica a necessidade da substituição. 4. Realiza a substituição do hidrômetro; 5. Solicita ao cliente a confirmação através da assinatura no Comunicado de Substituição de hidrômetro; <b>Nota 2:</b> Caso o cliente não esteja no local, registra no canhoto do Comunicado e na OS a substituição do hidrômetro. 6. Finaliza o serviço e registra os dados na OS física; 7. As O.S. são entregues ao programador da UNMTL-20, junto com os canhotos dos Comunicados e Controle de Hidrômetros substituídos.					
Elaborado por:		Data:			
João Batista Coelho Júnior, Allan Sousa		30/09/2019			
Aprovado por:		Data:			
Aline Bessa		02/10/2019			
<b>Histórico de Revisões</b>					
Revisado por:		Data:			
Alteração:					

Documento controlado conforme PG01.

Fonte: Cagece (2021)

## ANEXO B


  
**COMUNICADO DE SUBSTITUIÇÃO DE HIDRÔMETRO**

Inscrição: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Prezado cliente,

Informamos que, com base no artigo 85 § 8º da Resolução 02/2006-ACFOR e no artigo 67 § 4º da Resolução 130/2010 da ARCE, a Cagece está substituindo o hidrômetro instalado em seu imóvel. Este procedimento faz parte do Programa de Manutenção da Companhia, de forma a manter o aparelho em perfeitas condições de uso, assegurando uma cobrança compatível com seu consumo.

 Manutenção Preventiva Manutenção Corretiva

Data da substituição: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Leitura do hidrômetro retirado: \_\_\_\_\_

Leitura do hidrômetro instalado: \_\_\_\_\_


**Protocolo de Comunicado  
Substituição de Hidrômetro**

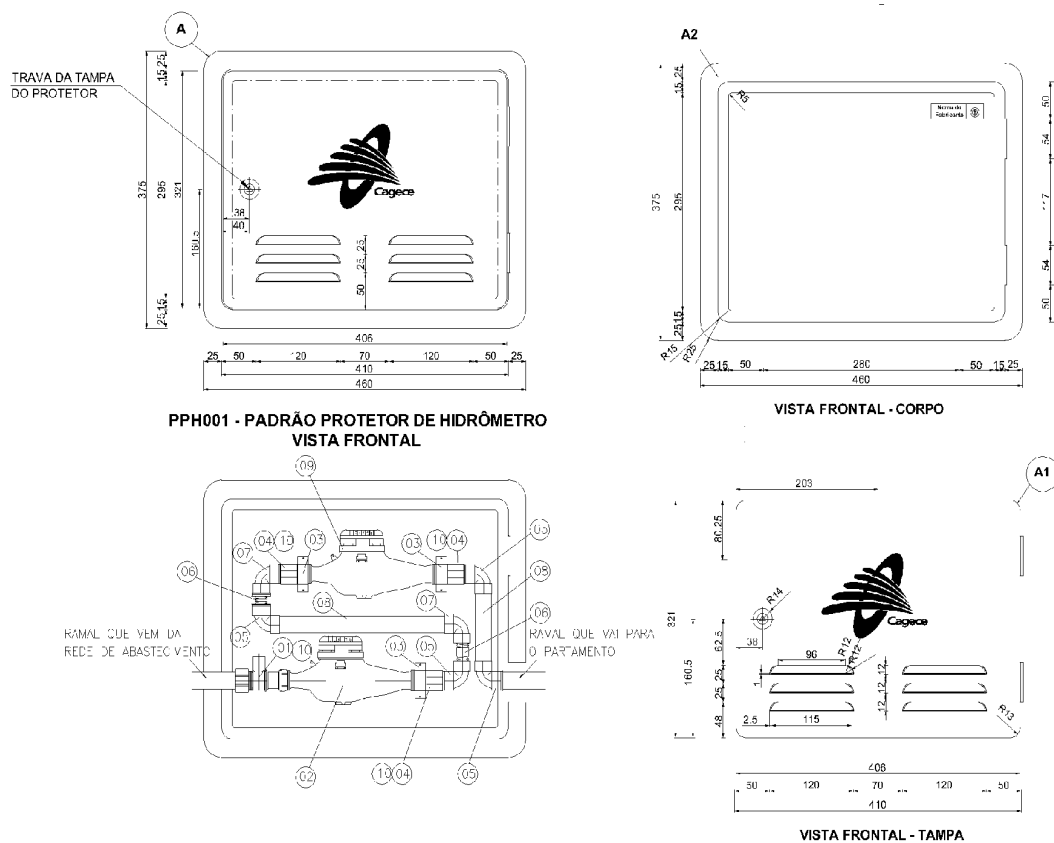
Número da SS: \_\_\_\_\_

Inscrição: \_\_\_\_\_ Setor: \_\_\_\_\_ Qd: \_\_\_\_\_ Lote: \_\_\_\_\_ Comp: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_ Ciente em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Assinatura Cliente: \_\_\_\_\_

## APENDICE A – Modelo de ligação em série



### RELAÇÃO DE MATERIAIS E QUANTIDADES

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	MATERIAL	QT	DIMENSÃO
01	REGISTRO DE ESFERA SEM VOLANTE COM PORÇA E TUBETE ACOPLADO	BRONZE	01	DN 3/4"
02	HIDRÔMETRO VAZÃO MÁXIMA DE 3 A 5 m <sup>3</sup> /h - NOVO	LATÃO	01	DN 3/4"
03	PORCA NIQUELADA PARA TUBETE	LATÃO	01	DN 3/4"
04	TUBETE NIQUELADO PARA HIDRÔMETRO DE 3 A 5 m <sup>3</sup> /h	LATÃO/PVC	03	DN 3/4"
05	JOELHO ROSCÁVEL PVC BRANCO OU PRETO	PVC	02	DN 3/4" x 25 mm
06	NILPE PVC ROSCAVEL OU TUBO ROSCÁVEL EM PVC PRETO	PVC	02	DN 3/4"
07	JOELHO SOLDAVEL LR PVC	PVC	04	DN 3/4" x 25 mm
08	TUBO PVC	PVC	70cm	DN 3/4"
09	HIDRÔMETRO VAZÃO MÁXIMA DE 3 A 5 m <sup>3</sup> /h - VELHO	LATÃO	01	DN 3/4"
10	GUARNIÇÃO PARA TUBETE NIQUELADO	BORRACHA	04	DN 3/4"
A	PADRÃO PROTETOR DE HIDRÔMETRO	PP	01	(460 x 375 x 125) mm
A1	TAMPA DO PADRÃO PROTETOR DE HIDRÔMETRO PPH001C	PC-T	01	(406 x 321 x 15) mm
A2	CORPO DO PADRÃO PROTETOR DE HIDRÔMETRO PPH001C	PP	01	(460 x 375 x 125) mm

Fonte: autoria própria



**APENDICE B – Produto**

**RELATORIO TÉCNICO:  
DIRETRIZES PARA ELEVAÇÃO DA EFICIÊNCIA NA  
SUBSTITUIÇÃO DE HIDROMETROS RESIDENCIAIS EM JUAZEIRO DO NORTE-  
CE.**

**RELATORIO TÉCNICO:  
DIRETRIZES PARA ELEVAÇÃO DA EFICIÊNCIA NA  
SUBSTITUIÇÃO DE HIDROMETROS RESIDENCIAIS EM JUAZEIRO DO  
NORTE-CE.**

**Elaborado por:** Rondon Madeira de Brito

Juazeiro do Norte – CE, outubro de 2021

DNI – Diretoria de Negócio do Interior

**UN-BSA – Unidade de Negócio Bacia SALGADO – Juazeiro do Norte**

**Diretor de Negócio do Interior - DNI**  
HELDER DOS SANTOS CORTEZ  
**Superintendência de Negócios do Sul - SNS**  
CARLOS JACINTO LEAL

EQUIPE DE GESTORES LOCAL:  
**Gerente da Unidade de Negócio**

FRANCISCO GILBERTO M. BEZERRA JUNIOR

**Coordenador de Operações Industriais UN BSA 60**

RENATO DE SOUSA SILVA

**Coordenador Comercial – UNBSA 30**

EJAILDO DE SOUSA CARVALHO

**Coordenador do Núcleo de Juazeiro Norte – UN BSA 70**

FRANCISCO JOCÉLIO PINHEIRO VERAS

**Coordenadora Administrativa – UN BSA 10**

MAIRES ALVES CORDEIRO

Relatório Técnico elaborado para a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) através dos resultados obtidos na Dissertação apresentada ao Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande para obtenção de título de Mestre em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos pelo Programa ProfÁgua, sob orientação do Professor Dr. Paulo da Costa Medeiros.

## **1. Introdução**

O acesso à água potável é um direito humano essencial. A sua universalização não será alcançada apenas com incremento de oferta de água, será necessário também estratégias eficientes no combate as perdas nos sistemas de abastecimento.

A Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece, assim como as demais companhias de saneamento brasileiras, enfrentam preocupações no controle destas. Destacando as perdas aparentes, que são diretamente ligadas ao sistema de medição. Sabe-se que uma das principais ações para mitigá-las é a substituição dos hidrômetros. Contudo para substituições em larga escala deve-se analisar diversos critérios de escolhas dos medidores a serem substituídos.

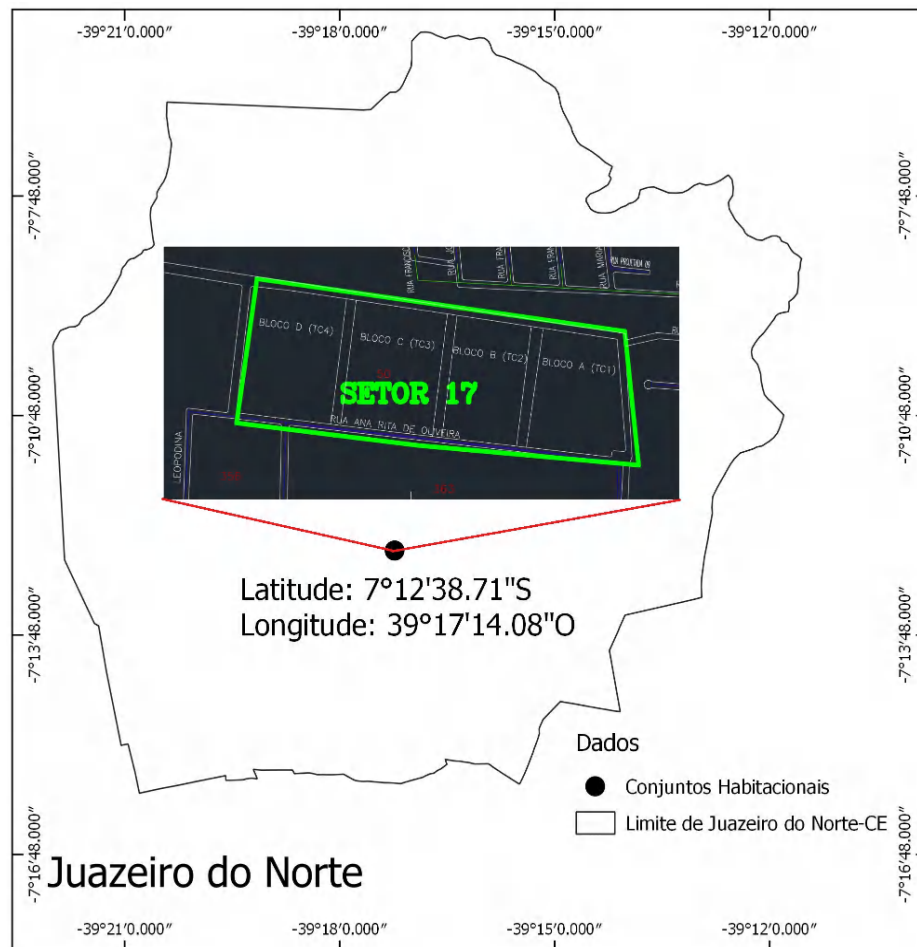
Diante deste contexto, pretende-se com esse diagnostico apresentar a Companhia que, a não utilização de vários critérios na escolha dos hidrômetros a serem substituídos, causam retornos volumétricos e financeiros insatisfatórios.

## **2. Área de estudo**

O local escolhido como área de estudo, Condomínio Residencial - Tenente Coelho, refere-se ao primeiro empreendimento do Programa Minha Casa Minha Vida de Juazeiro do Norte-CE. Tal Condomínio, teve suas obras iniciadas em 2010 e foi inaugurado no ano de 2012. No mesmo ano teve início a operação da Companhia de Abastecimento de Água e Esgoto do Ceará – Cagece através da Unidade de Negócio da Bacia do Salgado - UNBSA.

O empreendimento situado na Rua Ana Rita de Souza, Bairro Aeroporto, município de Juazeiro do Norte-CE, quadra 50 do setor 17 segundo divisão comercial (Figura 1), contem 1280 unidades habitacionais divididos em quatro conjuntos: Tenente Coelho I contendo 320 apartamentos; Tenente Coelho II contendo 352 apartamentos; Tenente Coelho III também com 352 apartamentos e o Tenente Coelho IV contendo 256 apartamentos.

Figura 1 – Mapa de localização da Área de Estudo



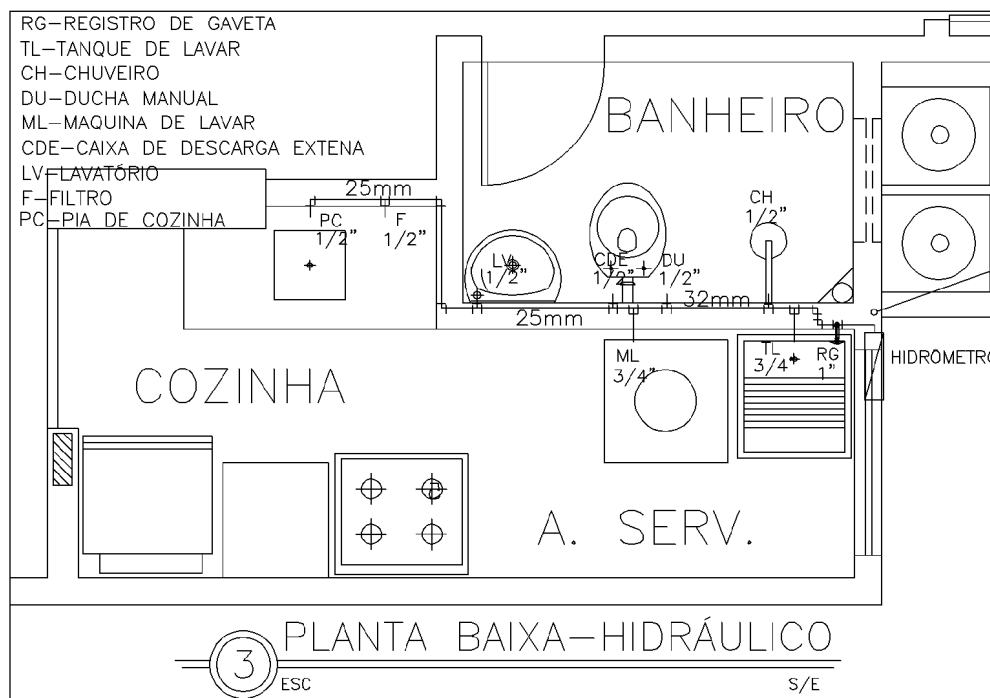
Fonte: autoria própria, 2021.

A definição do local estudado se deu principalmente pelos seguintes fatores:

- O empreendimento ser operado pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará e ser considerada um Distrito de Medição e Controle – DMC, pois dispõem de macromedidor com DN de 100mm do tipo Woltmann 50m<sup>3</sup>/h na entrada de cada uma das redes de distribuição de água – RDA dos conjuntos como também possuir parque de hidrômetros, com micromedição individualizada a partir de medidores do tipo multijato magnéticos, 1,5m<sup>3</sup>/h de Classe B em todos os apartamentos
- Todas as unidades habitacionais possuem praticamente a mesma área útil e exatamente a mesma quantidade de pontos de utilização de água (cinco torneiras sendo: uma para lavanderia, uma para máquina de

lavar, uma para bebedouro, uma para pia de cozinha, uma para lavatório do banheiro; um ponto para o vaso sanitário; um ponto para ducha manual; e um ponto para chuveiro), conforme projeto hidráulico mostrado na Figura 2, fazendo com que a variação de consumo entre elas não seja influenciada por essa quantidade de pontos.

Figura 2 - Plantas Baixa dos Blocos Pavimento térreo e superior do Conjunto Tenente Coelho.



Fonte: adaptação do projeto fornecido pela Construtora CRC.

- O Abastecimento nos apartamentos é feito de forma direta sem a existência de reservação individualizada (caixas d'água), logo fazendo com que os hidrômetros operem predominantemente em faixas de vazões acima da  $Q_{min}$  reduzindo a influência de submedição ocasionadas por baixas vazões (efeito boia caixa d'água);
- Devido à dificuldade de alteração dos proprietários do Programa Minha Casa Minha Vida, levando a crer que mudanças de famílias em cada apartamento seja praticamente inexistente, ponto que alteraria o perfil de consumo mensal das unidades;

- A impossibilidade de alteração ou reformas na estrutura dos apartamentos, fazendo com que a variação do consumo não seja influenciada por obras que demandam grande quantidade de água, levando a crer que o consumo é apenas de subsistência das famílias.
- Que todos os medidores possuíam mais de 7 anos de uso.

Com essa realidade o condomínio torna-se um laboratório ideal para estudar o volume das perdas não físicas, causadas pela submedição, geradas pelo tempo do parque de hidrômetros.

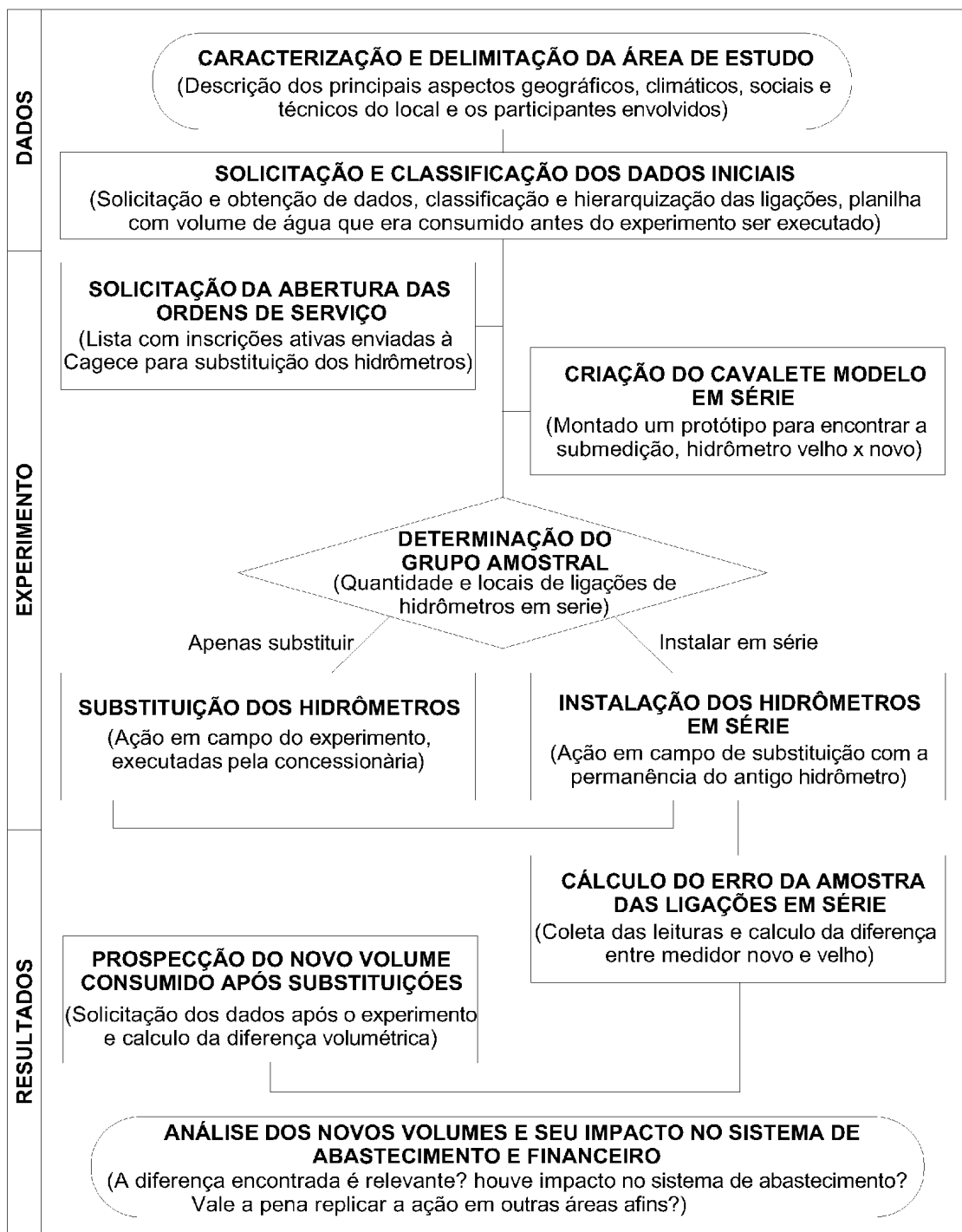
Vale ressaltar que não foi possível dar segurança a ação de substituição nos Conjunto Tenente Coelho I e IV pois os mesmos, devido a ameaças feitas aos colaboradores da Companhia, passaram a integrar o grupo de áreas de risco listadas no Controle Operacional de Água – COA de Juazeiro do Norte. Sendo o experimento, deste diagnostico, executado apenas nos Conjuntos II e III, onde mesmo com resistência dos moradores foi possível executar os serviços e não houve nenhum tipo de dano aos equipamentos instalados.



### 3. Metodologia

A metodologia deste relatório foi dividida conforme fluxograma (Figura 3).

Figura 3 - Fluxograma metodológico



Fonte: autoria própria, 2021.

Após solicitação via SGD 167407 para a Gemed, foram abertas as ordens de serviços e substituídos 619 hidrômetros, 313 no Tenente Colho II e 306 no III. Essa quantidade corresponde ao total de ligações ativas na competência de março de 2021, quando existia no 35 ligações cortadas ou suprimida no primeiro conjunto e 46 no segundo.

Foi determinado que seria instalado o modelo dos medidores em série conforme Figura 4, em 21 apartamentos levado em consideração a adimplência dos proprietários e se o volume médio consumido, nos meses anteriores à instalação, era superior a 10m<sup>3</sup>, para se ter um volume mais expressivo de diferença entre os medidores (Velho x Novo).

Figura 4 – Fotos (A, B, C e D) da criação do protótipo da ligação em série



(A) – Análise de espaço do protetor



(B) – Modelo onde o medido ficou inclinado



(C) – Modelo com teste de peças



(D) – Modelo final

Fonte: autoria própria, 2021.

Em agosto de 2021, após 6 meses da substituição, foram recoletados os dados de todas as leituras mensais feitas nas inscrições que tiveram seus hidrômetros substituídos ou instalados em série. Compilando os dados em uma planilha foi possível comparar os volumes consumidos em cada inscrição com as mesmas competências do ano anterior (2020) e o presente ano Conforme Equação 1.

$$\Delta V_{ind} = \sum_{1}^{5} (V_{Ni}) - \sum_{1}^{5} (V_{Vi}) \quad (1)$$

Em que:

- $\Delta V_{ind}$  é a variação volumétrica individual entre o medidor novo e o velho;
- $V_{Ni}$  é o volume registrado pelo medidor novo em cada apartamento analisado, onde  $i$  é o tempo compreendido entre os meses de abril a agosto de 2021;
- $V_{Vi}$  é o volume registrado pelo medidor velho em cada apartamento analisado, onde  $i$  é o tempo compreendido entre os cinco meses de abril a agosto de 2020.

Foi calculado também o erro relativo entre os medidores que ficaram ligados em série conforme Equação 2:

$$E_{V\%} = \frac{L_{Novo} - (L_{V2} - L_{V1})}{L_{Novo}} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

- $E_{V\%}$  é o erro percentual do medidor velho em relação ano novo;
- $L_{Novo}$  é a leitura do medidor novo no último mês do experimento (agosto) que corresponde ao volume medido por este no período estudado;
- $L_{V1}$  é a leitura do medidor velho no dia da instalação do kit em série;

- $L_{V2}$  é a leitura do medidor velho no dia da última leitura do período estudado (agosto), logo  $(L_{V2} - L_{V1})$  é o volume medido pelo medidor velho no período estudado (5 meses).

#### 4. Resultados obtidos

Referente à disposição dos resultados, estes foram tabulados e dispostos nas Tabela 1, 2 e 3. Na primeira estão dispostos os resultados dos 21 imóveis que tiveram suas ligações instaladas com os medidores em série, esses estão dispostos de forma crescente de acordo com o erro relativo encontrado, coluna 6 da Tabela 1.

Tabela 1 – Leituras e erros dos medidores em série

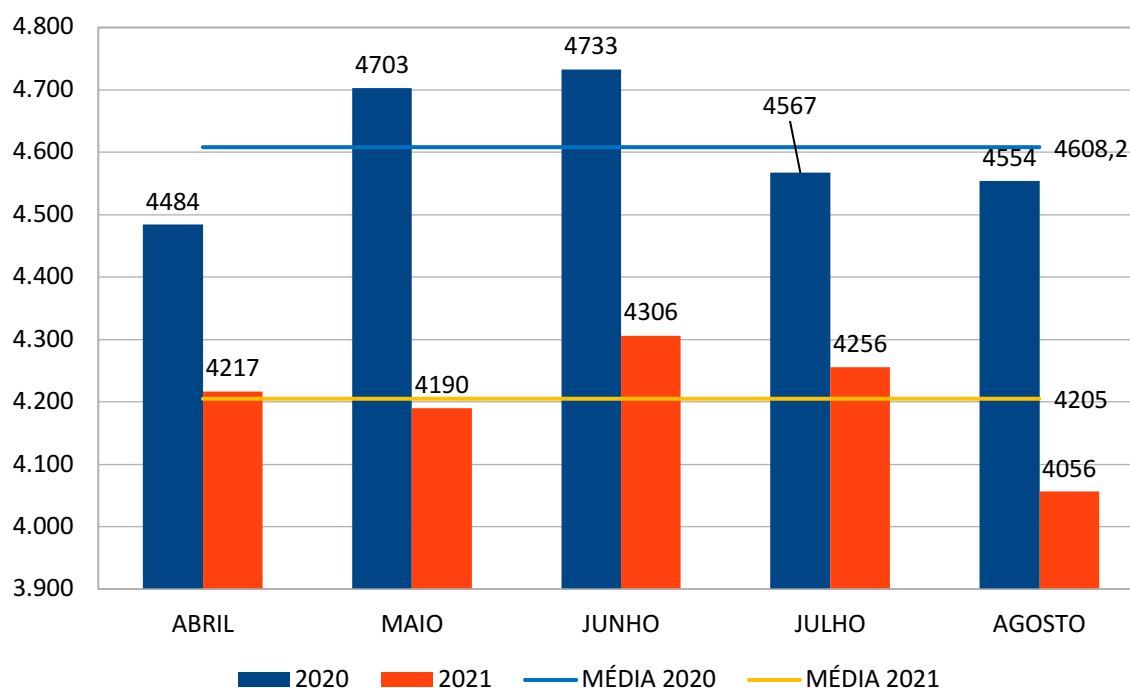
Localização	$L_{V1}$ ( $m^3$ )	$L_{V2}$ ( $m^3$ )	$(L_{V2}-L_{V1})$ ( $m^3$ )	$L_{Novo} - 2001$ ( $m^3$ )	ERRO (%)
TC II Bloco 08 AP 203	1535,57	1618,60	83,03	56,2	-47,74%
TC II Bloco 19 AP 204	1127,17	1191,39	64,22	56,04	-14,60%
TC II Bloco 06 AP 203	846,6	866,52	19,92	17,45	-14,15%
TC II Bloco 21 AP 103	1748,35	1787,20	38,85	36,04	-7,80%
TC II Bloco 41 AP 202	1885,87	1963,38	77,51	72,97	-6,22%
TC II Bloco 07 AP 202	1763,62	1861,23	97,61	92,14	-5,94%
TC II Bloco 41 AP 102	1271,91	1350,42	78,51	76,25	-2,96%
TC II Bloco 31 AP 204	1429,5	1523,45	93,95	92,96	-1,06%
TC III Bloco 15 AP 104	2270,92	2371,26	100,34	100,01	-0,33%
TC II Bloco 44 AP 103	1462,86	1528,24	65,38	65,41	0,05%
TC II Bloco 14 AP 103	699,84	741,70	41,86	42,25	0,92%
TC III Bloco 12 AP 103	1236,00	1293,43	57,43	58,51	1,85%
TC III Bloco 12 AP 102	954,00	988,46	34,46	35,49	2,90%
TC III Bloco 13 AP 203	216,00	288,47	72,47	74,91	3,26%
TC II Bloco 32 AP 203	492,68	564,43	71,75	74,74	4,00%
TC II Bloco 35 AP 103	1538,37	1598,21	59,84	66,14	9,53%
TC II Bloco 26 AP 202	1321,54	1380,67	59,13	68,02	13,07%
TC II Bloco 44 AP 201	1033,42	1035,19	1,77	2,53	30,04%
TC II Bloco 25 AP 201	964,05	976,00	11,95	20,05	40,40%
TC II Bloco 08 AP 204	1429,63	1462,04	32,41	60,98	46,85%
TC III Bloco 16 AP 202	741,00	788,32	-	-	-
		totais	1162,39	1169,09	

Fonte: autoria própria, 2021.

É possível observar que nove imóveis apresentaram erros negativos, calculados conforme Equação 2, o que mostra que o medidor velho mediu um volume superior ao novo recém instalado. Percebe-se também que mesmo os imóveis que apresentaram erro positivo apenas 4 deles tiveram um valor maior que 10%. A diferença volumétrica total medida no período foi de apenas 6,7m<sup>3</sup>, ou seja, os medidores novos mediram apenas 0,57% a mais que o somatório dos medidores velhos dessa amostra. Valor inferior ao esperado visto que os medidores antigos já possuíam mais de 7 anos de uso e o valor submedido por este parque deveria ser consideravelmente maior que no novo parque.

Observado de forma geral, o somatório de todos os apartamentos que tiveram os seus hidrômetros substituídos foi disposto na Figura 5.

Figura 5 – Somatório do volume micromedido no TC II e III



Fonte: autoria própria, 2021.

A média mensal de consumo no ano de 2020, analisando os dois conjuntos contidos na área de estudo, foi de 4.608,20m<sup>3</sup>, em 2021 o consumo médio foi de 4.205,00m<sup>3</sup>, uma redução de 403,20m<sup>3</sup>, a redução percentual de volume registrada entre 2020 e 2021, nos meses de abril, maio, junho, julho e agosto, foi de 5,95%, 10,91%, 9,02%, 6,81% e 10,94%, respectivamente.

Apenas com esses dados de volumes não se pode concluir, com fé, que tais reduções foram causadas apenas pelos erros de medição dos parques de hidrômetros, pois existe outros fatores influenciadores para essas variações. Porém pode-se concluir que o valor que o antigo parque poderia estar submedindo é um valor pouco expressivo.

Os resultados da Tabela 2 mostram um resumo da quantidade de imóveis envolvidos no experimento bem como o somatório dos principais volumes e percentuais calculados.

Tabela 2 – Quadro Resumo dos resultados

Dados	Unidade	TC II	TC III	Total
Total		352	352	704
Medidores substituídos		313	306	619
Medidor não substituído		39	46	85
Medição zerada em 2020	Quantidade de	20	18	38
Medição zerada em 2021	Apartamentos em	14	10	24
Variação positiva após a substituição	unidades	115	118	233
Variação negativa após a substituição		155	152	307
Sem variação após a substituição		9	8	17
Total analisada		279	278	557
Total em 2020	Volume micromedido em m <sup>3</sup>	11.654	11.492	23.146
Total em 2021		10.567	10.343	20.910
Variação		-1.087	-1.149	-2.236
Variação Percentual		-10,29%	-11,11%	-10,69%
Total em 2020	Volume macromedido em m <sup>3</sup>	13.505	14.912	28.417
Total em 2021		13.198	-	-
Variação		-307	-	-
Variação Percentual		-2,27%	-	-

Fonte: autoria própria, 2021.

Mesmo toda a rotina de abastecimento não sendo alterada (manobras, pressão da rede e tempo de continuidade) e sabendo que os apartamentos que tiveram o consumo igual a zero foram desconsiderados para a análise, observar-se

que houve uma redução no volume medido de 1087m<sup>3</sup> no TC II e 1149m<sup>3</sup> no TC II, o equivalente a 10,69% nos dois conjuntos. O que mostra que fatores externos, como a redução do consumo não fizeram com que a ação de substituição obtivesse ganhos volumétricos consideráveis.

Para se calcular a vantajosidade financeira da ação, e possível replicação em outras localidades com características semelhantes, foi orçado todos os serviços e materiais envolvidos conforme a Tabela 3. Nela foram considerados os preços unitários segundo dados da Secretaria de Infraestrutura do estado do Ceará (SEINFRA, 2021), segundo tabela vigente adotada para licitações da de todos os órgãos do estado. Os itens 02 e 06 foram coletados do sistema interno de compras da Cagece – GESUP.

Para o serviço de instalação de hidrômetros em série foi considerado o tempo de 4 horas por servido de um encanador e seu ajudante, tempo e mão de obra que foram destinados a cada um dos serviços.

Tabela 3 – Orçamento das substituições dos hidrômetros no TC II e III

Tabela 3 – Orçamento das substituições dos hidrômetros no TC II e III

ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO DO ITEM	UNID.	QUANT.	VALOR UNIT.	TOTAL
01	C2958	Substituição ou instalação de hidrômetro em cavalete montado (caso e,n)	un	598	R\$ 19,00	R\$ 11.363,88
02	60605...2	Hidrômetro velocimétrico, CL- B, Qn 1,5m <sup>3</sup> x Dn 20mm	un	619	R\$ 54,04	R\$ 33.450,76
03	I9374	Guarnição DN 20 mm p/ tubete	un	1280	R\$ 0,25	R\$ 320,00
04	I2320	Encanador	h	84	R\$ 22,72	R\$ 1.908,48
05	I0043	Ajudante de encanador	h	84	R\$ 18,63	R\$ 1.564,92
06	202018...8	Padrão lacre lock (pll) 700 mm azul (lig. água ativa) p/ lacração hidrômetro	un	619	R\$ 1,20	R\$ 742,80
07	I2200	Tubo PVC soldável de 25mm (3/4")	m	15	R\$ 2,99	R\$ 44,85
08	I1308	Joelho redução PVC soldável com rosca de 25x1/2"	un	42	R\$ 1,80	R\$ 75,60
09	I2363	Joelho PVC soldável 25mm	un	84	R\$ 1,17	R\$ 98,28
10	I2381	Níple PVC com rosca de 3/4"	un	42	R\$ 1,17	R\$ 49,14
					Total	R\$ 49.618,71

Quarenta e nove mil, seiscentos e dezoito reais e setenta e um centavos

Fonte: autoria própria, 2021.

Foram designados R\$ 25.948,36 para o TC II e R\$ 23.669,45 para o TC III totalizando R\$ 49.618,71. Como após as substituições o volume medido passou a ser inferior ao medido, na abordagem entre os anos analisados, o volume faturado consequentemente também apresentou interferências.

Na compilação com dados do Prax, foram incluídos os faturamentos de todas as contas pagas considerando tarifas de distribuição de água e coleta e tratamento de esgoto, até dos imóveis que não foram considerados na análise volumétrica, a exemplo dos imóveis que não tiveram seu hidrômetro substituído.

Tal análise financeira teve o intuito de identificar o impacto gerado no faturamento nos meses analisados por este estudo. É possível perceber que só não houve ganho de faturamento, quando comparado 2020 e 2021, no mês de maio. Porém, quando considerado o reajuste tarifário aplicado em janeiro de 2021, conforme Resolução 045/2020, e incidirmos nos faturamentos de 2020, os 12,25% de aumento, os seus valores de faturamento seriam maiores que os faturados em todos os meses de 2021, apresentando quedas mensais conforme valores e percentuais contidos na Tabela 4.

Tabela 4 – Comparativo de faturamento 2020 x 2021

Dado/Mês	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto
Faturamento 2020	R\$ 34.185,72	R\$ 35.073,54	R\$ 33.680,85	R\$ 32.949,48	R\$ 32.905,91
Faturamento 2020 corrigido c/reajuste de 2021 (12,25%)	R\$ 38.373,47	R\$ 39.370,05	R\$ 37.806,75	R\$ 36.985,79	R\$ 36.936,88
Faturamento 2021 descontado reajuste	R\$ 34.872,69	R\$ 34.205,14	R\$ 35.375,33	R\$ 33.203,68	R\$ 34.375,70
Diferença de faturamento	-R\$ 3.500,78	-R\$ 5.164,91	-R\$ 2.431,42	-R\$ 3.782,11	-R\$ 2.561,18
Diferença de faturamento (%)	-9,12%	-13,12%	-6,43%	-10,23%	-6,93%
ROI mensal	-113,49%	-119,90%	-109,37%	-114,58%	-109,87%
Payback	-	-	-	-	-

Fonte: autoria própria, 2021.

Diante de quedas no faturamento mensal, o ROI da ação apresentou valores negativos, o que demonstra que, além do valor total investido na ordem de R\$ 49.617,17, deve-se considerar quota de redução do faturamento mês a mês,



resultado que não era esperado e impossibilitando o cálculo do payback da ação para os meses analisados, ou seja, a mesma não teve retorno direto com incremento de faturamento.

## 5. Conclusão

Devido a todos os acontecimentos conclui-se que promover uma troca em larga escala de hidrômetros, de mesma classe hidrométrica, baseado na sua idade causa a retirada de hidrômetros que estariam em condições plenas de medição, logo deve-se seguir com rigor os 13 critérios que a POPMED067 preconiza, sendo elas: Tempo de instalação; Consumo médio dos últimos 12 meses; Tipo de tarifa; Percentual da probabilidade de troca (ferramenta de inteligência artificial desenvolvida pela Getic para melhorar o índice de assertividade na substituição); Volume totalizado em relação à capacidade ( $m^3/h$ ) do hidrômetro; – Redução acentuada do volume medido em relação à média de até os últimos 36 meses; Categoria do imóvel e por contrato; Hidrômetro utilizado para medição de água bruta; Consumo presumido; Histórico de consumo do cliente; Existência de fonte alternativa (ativa); Volume faturado de cobrança de esgoto; Dimensionamento do hidrômetro.

Fica como sugestão a inclusão da análise a qualidade da água do local conforme alusão da literatura. Sugere-se também uma análise geral do retorno que as substituições executadas, com o mesmo lote dos hidrômetros deste experimento, considerar se não existe alguma falha de submedição no mesmo maior que a aceitável. Bem como a análise de viabilidade de contratos por performance com indicadores de redução de perdas e não apenas de quantidade de substituição de hidrômetros e automatização do sistema.

---

Rondon Madeira de Brito

Eng. Fiscal de Obras II

Supervisor de Combate a Perdas e Medição de Juazeiro do Norte - UN-BSA (DNI)

Mat. 3369