



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação Lato Sensu
Engenharia Ágil de Projetos



ALLYSON ALVES DA SILVA
EVERTON RODRIGUES DE SOUZA
GUIDO DE ALMEIDA JUNIOR
MARIA IZABEL BRAGA PIMENTEL

PROJETO DE AUTOMAÇÃO DE ANÁLISE DE VAZAMENTO DE SISTEMAS
HIDRÁULICOS DE ÁGUA

CURITIBA
2023

ALLYSON ALVES DA SILVA
EVERTON RODRIGUES DE SOUZA
GUIDO DE ALMEIDA JUNIOR
MARIA IZABEL BRAGA PIMENTEL

PROJETO DE AUTOMAÇÃO DE ANÁLISE DE VAZAMENTO DE SISTEMAS
HIDRÁULICOS DE ÁGUA

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia Ágil de Projetos, Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Deschamps
e Prof. Dr. Alessandro Marques

CURITIBA
2023

RESUMO

Este projeto visa solucionar o problema de falta de dispositivos de automação para identificar vazamentos de água em residências, condomínios e estabelecimentos comerciais, evitando o consumo excedente de água. Hoje conforme último censo de 2022 a população de Curitiba é de 1.773,718 pessoas sendo que em média o consumo dia por habitante da região sul é de 121 litros/habitante/dia, ou seja, estamos falando de 214.619.878 milhões de litros/dia para a cidade de Curitiba e segundo o Instituto Trata Brasil 40% de toda água captada e tratada é perdida devido a vazamentos na rede. Hoje se existir um vazamento de água em sua casa ou empresa, será percebido apenas quando a conta de água chegar, quando já se passaram vários dias com o vazamento. Além do alto custo financeiro, um alto volume de água é desperdiçada. A proposta é criar de um projeto de automação instalado na rede hidráulica que pode se conectar com um aplicativo no celular ou computador para monitorar o consumo de água on-line, criando métricas, histórico para identificar possíveis vazamentos na rede e gerando alertas para o usuário quando um desvio de consumo é percebido. Hoje para se fabricar este dispositivo com licença de software para monitorar e integrar com o medidor de fluxo há um custo estimado de R\$ 6.500,00 por unidade. Para empresas com alto volume de consumo e condomínios com diversos apartamentos residenciais é um custo baixo. Todavia, depende de sua aplicação e escala do negócio. O dispositivo pode ser instalado em qualquer local que tenha consumo de água ou seja um mercado muito abrangente. Com um hidrômetro inteligente será possível verificar/investigar o vazamento antecipadamente evitando, portanto, desperdícios, altos custos financeiros e contribuindo com o meio ambiente sustentável.

Palavras-chave: água; consumo; vazamento; desperdício.

ABSTRACT

This project aims to solve the problem of lack of automation devices to identify water leaks in homes, condominiums and commercial establishments, avoiding excess water consumption. Today, according to the last census of 2022, the population of Curitiba is 1,773,718 people, and on average, daily consumption per inhabitant in the southern region is 121 liters/inhabitant/day, that is, we are talking about 214,619,878 million liters/ day for the city of Curitiba and according to Instituto Trata Brasil, 40% of all water collected and treated is lost due to leaks in the network. Today, if there is a water leak in your home or business, it will only be noticed when the water bill arrives, when several days have passed with the leak. In addition to the high financial cost, a high volume of water is wasted. The proposal is to create an automation project installed in the hydraulic network that can connect with an application on a cell phone or computer to monitor water consumption online, creating metrics, history to identify possible leaks in the network and generating alerts for the user when a consumption deviation is noticed. Today, to manufacture this device with a software license to monitor and integrate with the flow meter there is an estimated cost of R\$6,500.00 per unit. For companies with a high volume of consumption and condominiums with several residential apartments, it is a low cost. However, it depends on your application and business scale. The device can be installed in any location that has water consumption or is a very broad market. With a smart water meter it will be possible to check/investigate the leak in advance, therefore avoiding waste, high financial costs and contributing to a sustainable environment.

Keywords: water; consumption; leak; waste.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - FLUXOGRAMA DAS PRINCIPAIS ETAPAS DO TRABALHO	14
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO	13
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	6
1.2. SITUAÇÃO-PROBLEMA	7
1.3. JUSTIFICATIVA	7
1.4. OBJETIVOS.....	7
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
2.1. DESCRIÇÃO DA ABORDAGEM E SEUS DESAFIOS.....	9
2.2. DESAFIOS E OPORTUNIDADES DA DETECÇÃO DE VAZAMENTOS.....	10
2.3. RECURSOS MÍNIMOS PARA VALIDAR.....	12
3. PROPOSTA DE SOLUÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA	13
3.1. CUSTO DE IMPLANTAÇÃO	13
3.2. FLUXOGRAMA DO SISTEMA EM FUNCIONAMENTO.....	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4.1. FLUXO DE DETECÇÃO E RESPOSTA.....	15
4.2. BENEFÍCIOS ECONÔMICOS.....	15
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
5.1. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19

1. INTRODUÇÃO

Hoje temos um grande desperdício de água devido a vazamentos na rede hidráulica, “gatos” e erros de leitura. Atualmente, a cada cem litros captados e tratados quarenta litros são desperdiçados devido aos problemas mencionados acima. A falta de dispositivos ou hidrômetros inteligentes instalados em pontos de consumo de água é algo impensável com os grandes avanços tecnológicos dos últimos anos.

A proposta é desenvolver hidrômetros inteligentes que medem o consumo de água e podem ser consultados em tempo real por meio de uma conexão do hidrômetro via wi-fi ou internet móvel, que lance os dados em uma nuvem ou banco de dados e esses dados criem métricas de média de consumo.

Quando houver um desvio fora do padrão, será emitido um alerta no celular e/ou por e-mail para possibilitar a investigação do motivo do consumo fora do comum, portanto, podendo evitar grandes desperdícios, altos custos financeiro e gerando economia para o estabelecimento.

Foi estudado o custo de fabricação do dispositivo hidrômetro inteligente, os materiais necessários para viabilizar a instalação e monitoramento on-line dos dados gerados, bem como a licença para acesso aos dados, visto vários exemplos de consumo excessivo em estabelecimento comerciais e residências que poderiam ser evitados ou mitigados se existisse este dispositivo instalado na rede.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Hoje não existem, salvo algumas exceções no Brasil, locais onde temos consumo de água com dispositivos inteligentes capazes de monitorar de forma on-line e emitir alertas para o usuário de desvios de consumo.

Entre as exceções, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp, uma das maiores prestadoras de serviços de água e esgoto do mundo, implantou 92 mil hidrômetros inteligentes com tecnologia IoT, a Internet das Coisas, sendo um dos maiores projetos da América Latina, pensado nos 100 mil maiores consumidores na região metropolitana de São Paulo (Sabesp, 2021).

A tecnologia implantada permite o transporte de dados sem fio, com baixo custo, por longas distâncias e também com baixo consumo de energia, com troca de

bateria a cada 5 anos e também conta com telemetria sem a necessidade de medição manual uma vez ao mês, como era anteriormente realizado. Além da medição o sistema emite alarmes e gera estatísticas do funcionamento da rede de água.

Referida tecnologia permite que os usuários da Sabesp detectem vazamentos de água, monitorem o consumo diariamente e façam uma melhor gestão dos recursos.

Considerando que 40% da água captada e tratada é desperdiçada através de vazamentos (Trata Brasil, 2021), a ideia é produzir um hidrômetro inteligente de fácil instalação para ser instalado nos principais ou em qualquer ponto de consumo de água, contribuindo com melhor gestão dos recursos, diminuindo custos e evitando desperdícios.

1.2. SITUAÇÃO-PROBLEMA

Hoje existe um grande desperdício de água devido a problemas de vazamento na rede hidráulica, que são de difícil identificação/detecção antecipada diante da falta de hidrômetros inteligentes ou dispositivos que monitorem o volume/consumo de água on-line e emitam alertas de desvios de consumo.

1.3. JUSTIFICATIVA

O presente projeto se justifica diante da importância de evitar o consumo excessivo de água e o desperdício.

Desse modo, será possível evitar altos custos financeiros, trazendo economia para empresas, estabelecimentos comerciais, públicos, residências e qualquer local que tenha consumo de água e também contribuir com a preservação dos recursos naturais.

1.4. OBJETIVOS

Desenvolver um projeto de dispositivo/hidrômetro inteligente que possa ser facilmente instalado na rede hidráulica de água para monitorar o consumo on-line, criar métricas e padrões de consumo médio e emitir alertas para o usuário no seu dispositivo móvel ou computador quando houver desvios de consumo, assim podendo ser

investigado o motivo do desvio de consumo e evitar desperdícios e altos custos financeiros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A preservação dos recursos hídricos representa uma preocupação global devido à crescente escassez de água em diversas regiões do planeta. No contexto urbano, o desperdício de água proveniente de vazamentos nos sistemas de abastecimento figura como uma das principais causas de perdas significativas, gerando impactos diretos no meio ambiente e na sustentabilidade das fontes hídricas.

Nesse contexto, surge a necessidade premente de desenvolver abordagens inovadoras que não apenas visem aprimorar a eficiência no uso da água, mas também permitam a detecção precoce de vazamentos, atenuando assim os impactos ambientais e econômicos associados a essa problemática.

Em meio às preocupações mundiais com a diminuição da quantidade de água em diversas regiões, a conservação dos recursos hídricos tornou-se fundamental. O desperdício de água nas áreas urbanas, atribuível a fugas nos sistemas de abastecimento, é uma das razões significativas que causam perdas com efeitos adversos na sustentabilidade ambiental e das fontes de água. Precisamos de uma solução que se concentre de forma inovadora na utilização eficiente da água e na detecção atempada de fugas para minimizar os inconvenientes ambientais e econômicos.

2.1. DESCRIÇÃO DA ABORDAGEM E SEUS DESAFIOS

A inovação é necessária na hora de solucionar o desperdício de água, e novas informações do Instituto Trata Brasil e da consultoria GO Associados mostram que no Brasil, as perdas de água durante a distribuição atingiram 7,3 bilhões de metros cúbicos em 2021. Esse número inclui tanto vazamentos não físicos quanto conectividade que é irregular e, como resultado, há água suficiente para encher 8 mil piscinas olímpicas por dia. Se analisarmos ainda mais, há perdas físicas equivalentes a 3,8 mil milhões de metros cúbicos que poderiam fornecer água a 67 milhões de pessoas anualmente.

Neste trabalho, propusemos um projeto de hidrômetro inteligente que enfatiza a necessidade de enfrentar uma realidade alarmante. Embora os hidrômetros tradicionais sejam essenciais para medir o consumo, eles deixam a desejar na detecção de vazamentos em tempo real, resultando em perdas significativas.

Portanto, é imperativo priorizar o desenvolvimento de soluções inovadoras como o nosso projeto proposto.

De extrema importância são os objetivos do medidor inteligente de água – supervisão persistente do uso, reconhecimento imediato de vazamentos e sincronização com sistemas de comunicação para envio de notificações instantâneas; eles são paralelos ao requisito urgente indicado pelas informações fornecidas.

A sugestão procura combinar campos distintos da tecnologia de detecção, a fim de aumentar a eficácia das estruturas de distribuição de água, ao mesmo tempo que defende a administração responsável das reservas ecológicas.

Com uma metodologia multidisciplinar que conta com o auxílio de especialistas em engenharia eletrônica, telecomunicações e informática, nasceu o hidrômetro inteligente. Este avanço tecnológico era urgentemente necessário em resposta aos desafios que o mundo enfrenta em relação ao desperdício de água. A complexidade e a inovação necessárias à sua produção são inegáveis.

Ao considerar os resultados esperados, que envolvem um medidor de água inteligente operacional, capaz de detectar vazamentos automaticamente e enviar alertas em tempo real, o projeto se apresenta como uma iniciativa promissora para lidar com a problemática das perdas de água no Brasil. Além disso, a busca por definir parâmetros para a integração do sistema desenvolvido às redes de fornecimento existentes destaca a aplicabilidade prática e a importância regulatória do projeto.

Resumidamente, ao abordar a detecção precoce de vazamentos, o desenvolvimento do medidor de água inteligente proposto neste estudo não apenas contribui para a eficiência no uso da água, mas também se alinha diretamente com a necessidade urgente de combater o desperdício de água, resultando em benefícios ambientais, sociais e econômicos.

2.2. DESAFIOS E OPORTUNIDADES DA DETECÇÃO DE VAZAMENTOS

De acordo com um relatório inovador do Instituto Trata Brasil (Trata Brasil, 2021), quase 40% da água potável no Brasil é desperdiçada. Diante dessas estatísticas alarmantes, é fundamental buscar métodos eficazes para reduzir significativamente esse problema de saneamento.

O volume de água desperdiçada é tão grande que poderia ter fornecido água potável a mais de 63 milhões de brasileiros por um ano inteiro, destacando a urgência de intervenções progressivas e tecnologicamente avançadas.

Com o intuito de apoiar os objetivos da Engenharia Ágil de Projetos, foi proposto o desenvolvimento de uma ferramenta de detecção de vazamentos que possa ser integrada ao hidrômetro.

Essa proposta visa atingir dois objetivos principais: oferecer uma solução prática e contribuir para a redução do desperdício de água, o que é crucial para alcançar o objetivo de fornecer acesso à água potável e saneamento básico a todos os brasileiros até 2033, conforme definido pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (2021).

No período compreendido entre 2015 e 2019, houve um aumento de 2,5 pontos percentuais nas perdas de água potável, conforme constatado pelo Instituto.

A fim de lidar com esse problema crescente, o Trata Brasil, um Instituto conhecido, destaca a necessidade essencial de adotar técnicas não convencionais e eficazes (Trata Brasil, 2021). As regiões Norte e Nordeste do país são as mais afetadas, com taxas de perda de 45,7% e 55,2%, respectivamente. Para realmente entender as causas fundamentais e implementar soluções a longo prazo, é crucial realizar uma investigação detalhada.

Luana Siewert Pretto, diretora da Asfamas, aponta a necessidade de uma abordagem abrangente ao abordar a questão das perdas de água potável (Trata Brasil). É urgente tomar medidas, mas é igualmente importante reconhecer que a implementação de dispositivos de detecção de fugas em contadores de água é apenas uma peça de um *puzzle* maior. Isto requer um esforço coletivo que inclua a melhoria das infraestruturas e a sensibilização do público.

Para combater o problema do desperdício de água no Brasil, foi proposto um dispositivo inovador para detectar vazamentos em hidrômetros. Isto não só apoia os objetivos nacionais de saneamento, mas também ajuda a promover a gestão responsável da água. O objetivo é melhorar a eficiência operacional das empresas que administram sistemas de água e esgoto e defender os ideais de sustentabilidade.

2.3. RECURSOS MÍNIMOS PARA VALIDAR

Orçar custo de fabricação do dispositivo, placa eletrônica, hidrômetro;

Custo da automação para interligar com aplicativo ou computador;

Custo de desenvolvimento de aplicativo;

Custo de instalação com mão de obra qualificada.

3. PROPOSTA DE SOLUÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

Propõe-se uma solução avançada e abrangente para a detecção proativa e eficiente de vazamentos de água em ambientes comerciais e residenciais. A estratégia central consiste na implementação de medidores conectados a um sistema de automação inteligente. Esses medidores, dotados de tecnologia online, permitirão o monitoramento em tempo real do consumo diário de água.

A integração do sistema incluirá algoritmos de programação avançados, capazes de analisar padrões de consumo e identificar desvios significativos. Quando detectados, esses desvios acionarão automaticamente alertas, desencadeando alarmes que serão imediatamente comunicados aos responsáveis pela manutenção. Essa abordagem proativa visa proporcionar uma detecção precoce de vazamentos, permitindo uma intervenção rápida e eficaz para conter qualquer dano potencial.

A aplicação prática dessa solução oferece não apenas a vantagem de evitar desperdícios de água, mas também uma resposta ágil diante de situações críticas, contribuindo para a preservação de recursos hídricos e a minimização de custos associados a reparos emergenciais. Além disso, a possibilidade de monitoramento remoto proporciona uma gestão eficiente do consumo, permitindo ajustes conforme as necessidades específicas de cada ambiente.

3.1. CUSTO DE IMPLANTAÇÃO

Na tabela 1 são apresentados os custos da implantação do hidrômetro inteligente.

Tabela 1 - CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO

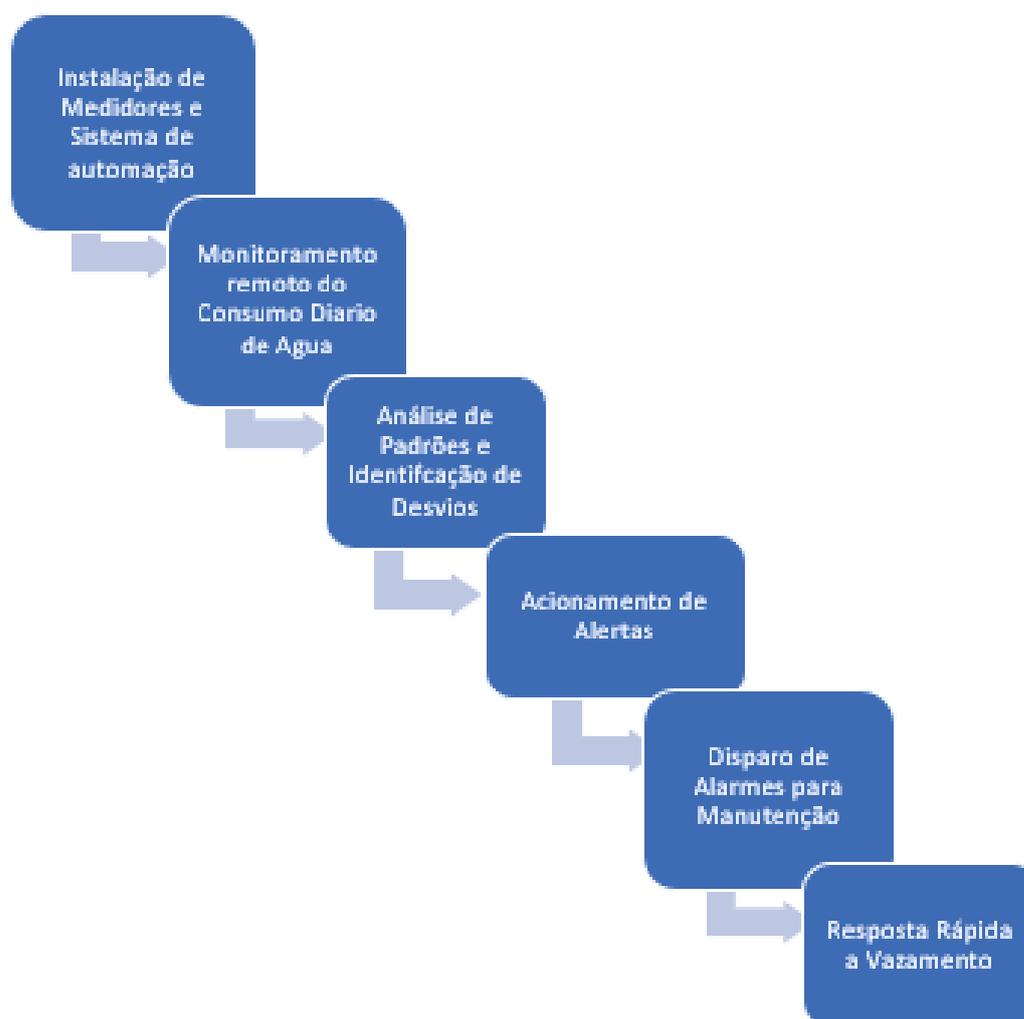
TABELA DE PREÇOS			
Descrição	Qtd	Custo UM	Custo Total
Hidrômetro 3/4"	1	R\$ 880,00	R\$ 880,00
Sistema de Automação	1	R\$ 4.750,00	R\$ 4.750,00
Licença / Ano	1	R\$ 115,00	R\$ 115,00
Mão de Obra Implantação	1	R\$ 2.110,00	R\$ 2.110,00
Total			R\$ 7.855,00

FONTE: O autor (2023)

3.2. FLUXOGRAMA DO SISTEMA EM FUNCIONAMENTO

O fluxograma representa o processo desde a instalação dos medidores até a resposta rápida a vazamentos, passando pelo monitoramento remoto, análise de padrões e acionamento de alertas.

Figura 1 - FLUXOGRAMA DAS PRINCIPAIS ETAPAS DO TRABALHO



FONTE: O autor (2023)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em uma residência equipada com medidores conectados a um sistema de automação, um vazamento ocorre devido a uma falha em uma tubulação interna.

O sistema de monitoramento remoto detecta um aumento significativo no consumo de água além dos padrões normais para aquela residência.

4.1. FLUXO DE DETECÇÃO E RESPOSTA

Monitoramento remoto: O sistema identifica um aumento anormal no consumo de água em comparação com os dados históricos.

Análise de padrões: Algoritmos analisam os padrões de consumo e reconhecem que o aumento não está associado a atividades usuais.

Alerta automático: O sistema aciona automaticamente um alerta de desvio de consumo, indicando a possibilidade de vazamento.

Disparo de alarme: Um alarme é imediatamente enviado aos responsáveis pela manutenção e ao proprietário da residência.

Intervenção rápida: Com base no alerta, a equipe de manutenção é acionada para inspecionar a residência em busca do vazamento.

Identificação e reparo: A equipe localiza o vazamento, realiza reparos imediatos na tubulação com falha, e normaliza o sistema.

4.2. BENEFÍCIOS ECONÔMICOS

Evitar danos maiores: A detecção precoce minimiza danos à estrutura da residência e reduz os custos associados a reparos extensivos.

Economia de água: A resposta rápida evita o desperdício de grandes volumes de água, contribuindo para a eficiência no uso dos recursos hídricos.

Redução de custos de manutenção: Ao intervir prontamente, os custos de reparo são menores do que seriam em um cenário de vazamento não detectado por períodos prolongados.

Observa-se que a solução proposta não apenas identifica o vazamento precocemente, mas também traz benefícios econômicos significativos ao evitar danos extensivos e promover uma gestão eficiente dos recursos hídricos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do desenvolvimento do presente projeto, foi possível verificar a existência de grande desperdício de recursos hídricos, sendo que o país perde aproximadamente 40% de toda a água potável captada nos sistemas de distribuição, conforme dados já apresentados.

A redução dos índices de perda, certamente traria inúmeros benefícios, principalmente no que diz respeito ao impacto ambiental, redução de custos e desperdícios.

Com o objetivo de buscar a melhoria deste quadro, foi proposto o desenvolvimento de um hidrômetro inteligente que possa ser facilmente instalado na rede hidráulica, para monitorar o consumo de água on-line e emitir alertas em dispositivos móveis do usuário quando houver desvio de consumo.

Foram identificados os recursos mínimos para desenvolvimento do projeto, sendo necessário orçar custo de fabricação do dispositivo, placa eletrônica e hidrômetro, custo da automação para interligar com aplicativo ou computador, custo de desenvolvimento do aplicativo, bem como o custo de instalação com mão de obra qualificada.

Após o levantamento de informações e valores, constatou-se que o custo total para implantação do hidrômetro inteligente seria de R\$ 7.855,00, incluindo o hidrômetro 3/4", o sistema de automação, a licença anual e a mão de obra para implantação.

O sistema em funcionamento levaria em conta seis fases: a instalação de medidores e sistema de automação, o monitoramento remoto do consumo diário de água, a análise de padrões e identificação de desvios, o acionamento de alertas, o disparo de alarmes para manutenção e, por fim, a resposta rápida aos vazamentos.

Por meio do referido sistema, seria possível que o usuário identificasse os consumos fora da média, auxiliando-o na melhor utilização do recurso hídrico, bem como a controlar as despesas, reduzindo gastos financeiros.

Dessa forma, a solução proposta não apenas identificaria o vazamento precocemente, mas também traria benefícios econômicos e ambientais, proporcionando ao país a redução do índice de perda da água potável captada nos sistemas de distribuição.

5.1. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Durante a análise e discussão dos resultados surgiram alguns questionamentos que não puderam ser confirmados neste trabalho, mas que serviram para apontar sugestões para a continuidade dos estudos. Essas sugestões são listadas na sequência:

a) Analisar a possibilidade de manutenção dos vazamentos identificados pelo sistema sem intervenção manual;

b) Verificar a possibilidade de uma redução ainda maior dos custos para implementação do projeto do hidrômetro inteligente;

c) Estudar a possibilidade de análise e utilização dos alertas obtidos com o sistema do hidrômetro inteligente, para explorar os dados coletados, extraindo informações estratégicas que possam auxiliar o controle do desperdício de recursos hídricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SABESP. Hidrômetros Inteligentes **Medição do consumo com leitura remota**. Disponível em: <<https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaId=732>>. Acesso em: 10 nov. 2023.

INSTITUTO TRATA BRASIL, GO ASSOCIADOS. **Perdas de água 2023: desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico no Brasil**. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2023/06/Estudo-de-Perdas-de-Agua_2023.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2023.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Luana Pretto é a nova Presidente Executiva do Trata Brasil**. Disponível em: <<https://tratabrasil.org.br/luana-pretto-e-a-nova-presidente-executiva-do-trata-brasil/>>. Acesso em: 28 nov. 2023.

GLOBO. **Quase 40% da água potável no Brasil é desperdiçada, diz estudo**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2021/05/31/quase-40percent-da-agua-potavel-no-brasil-e-desperdicada-diz-estudo.ghtml>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

EMPRESA BRASIL DE COMUNICAÇÃO. **Presidente do Trata Brasil diz que água potável que se perde abasteceria 66 milhões de pessoas**. Disponível em: <<https://radios.ebc.com.br/tarde-nacional/2022/06/presidente-do-trata-brasil-diz-que-agua-potavel-que-se-perde-abasteceria-66-milhoes-de-pessoas>>. Acesso em: 4 nov. 2023.