

# Protótipo IoT para Monitoramento de Consumo de Água em Smart Campus

Felipe C. Leal<sup>1</sup>, Marcos Vinicius S. Melo<sup>1</sup>, Kauã E. A. de Lima<sup>1</sup>  
Rubens de S. Matos Júnior<sup>1</sup>, Alfredo M. Vieira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe - Campus Lagarto

**Abstract.** *This article addresses the scarcity of potable water exacerbated by climate change and urbanization. The application of the Internet of Things (IoT) is explored to monitor the water flow at the Federal Institute of Sergipe, Lagarto campus, aiming to estimate costs, control availability, and facilitate maintenance. The project employs water flow sensors and a prototype with its physical structure modeled in 3D. The achieved results show the feasibility of sustainable and accessible solutions for conscious usage in public and private buildings.*

**Resumo.** *Este artigo aborda a escassez de água potável, agravada por mudanças climáticas e urbanização. A aplicação da Internet das Coisas (IoT) é explorada para monitorar o fluxo de água do Instituto Federal de Sergipe, campus Lagarto, buscando estimar custos, controlar disponibilidade e facilitar manutenção. O projeto utiliza sensores de vazão de água e um protótipo cuja estrutura física foi criada com impressão 3D. O resultado alcançado demonstra a viabilidade de soluções sustentáveis e acessíveis para um consumo consciente de água em prédios públicos e privados.*

## 1. Introdução

A água potável é um bem valioso que merece atenção e cuidados para sua preservação. Entretanto, pesquisas feitas no ano de 2022, pela Organização Mundial da Saúde (OMS), Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) e Banco Mundial, concluíram que 25% da população ainda não tem acesso a água potável [ONU 2022]. As mudanças climáticas acabam agravando a intensidade das secas e inundações, que causam a insegurança hídrica, interrompem o abastecimento de água e arrasam comunidades.

Atualmente existem diversas leis cujo o objetivo é proteger os recursos hídricos. Em 1981, foi elaborada a Lei nº6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA e estabelece em seu art.4º que esta visará: "[...]VI - à preservação e restauração dos recursos ambientais com vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente, concorrendo para a manutenção do equilíbrio ecológico propício à vida"[BRASIL 1981]. Em ambientes tais como prédios, pode-se observar que problemas estruturais são os principais causadores dos desperdícios de água [Sánchez et al. 2016]: vazamentos invisíveis, problemas estruturais em caixas de alvenaria ou uso indevido da água. Há um alto índice de desperdícios também em casas de zonas periféricas, devido à precarização das instalações. O Brasil é privilegiado em termos de disponibilidade hídrica, já que o volume médio anual é de 8.130 km<sup>3</sup>, representando 50.810 m<sup>3</sup>/hab./ano, além de contar com importantes aquíferos subterrâneos [Moutinho and J.S 2014].

Diante disso, destacam-se projetos para um uso mais sustentável da água, assim como de outros recursos cuja cadeia produtiva impactam diretamente no meio-ambiente,

como a energia elétrica. Sendo assim, este artigo apresenta um protótipo que foi criado, com o objetivo de monitorar o fluxo de água em diversos pontos do Instituto Federal de Sergipe - Campus Lagarto, utilizando tecnologias típicas do que chama-se atualmente de Internet das Coisas (IoT - Internet of Things). Os principais benefícios do uso dessa abordagem seriam: (1) Estimativa de Custo; (2) Controle de Disponibilidade; (3) Manutenção (detecção de vazamentos e acionamento de reparos).

## **2. Fundamentação teórica**

Em 2015, na “Agenda 2030”, uma cúpula da Assembleia Geral da ONU definiu metas para guiar o mundo a um caminho de desenvolvimento sustentável, partindo de dimensões sócio-econômicas e ambientais [ONU 2015]. A sustentabilidade é o equilíbrio entre o suprimento das necessidades humanas e a preservação dos recursos naturais, explorando-os, sem que haja o comprometimento das gerações futuras [Medeiros 2022].

Com esse complemento ao desenvolvimento sustentável e com a crescente discussão acerca da eficácia na gestão de recursos naturais, emergem soluções que envolvem a utilização de tecnologias que promovem interconexão entre todas as coisas [Sánchez et al. 2016]. Dessa concepção, surge a Internet das Coisas, que se refere a dispositivos conectados entre si que coletam, analisam e trocam informações em tempo real. Através do uso das IoT's aos pilares da sustentabilidade e a gestão de tais recursos, desempenha um importante papel na construção de um futuro ecologicamente correto. A “gestão inteligente” de recursos, por meio de IoT, permite que se possa garantir abastecimento adequado de água e contribui no uso da tecnologia para gestão de recursos naturais, com a previsão de possíveis eventos extremos, a utilização eficiente desses recursos e o gerenciamento prático em sistemas de abastecimento [Caires and Ambiental 2022].

Visando a adoção de boas práticas para a conservação de bens como a água, avaliar e monitorar os gastos desse recurso ajudam na compreensão da atual situação de consumo e as possíveis tendências futuras. Um recente projeto realizado por pesquisadores da escola politécnica da UFBA (Universidade Federal da Bahia) em 2016, propunha um sistema inteligente para medição do consumo de água e detecção de vazamentos acoplado à parte hidráulica de qualquer prédio. Esse estudo apontou que o consumo excessivo de água em prédios representava um importante fator na gestão de gastos públicos [Sánchez et al. 2016]. Dessa forma, desenvolveram um protótipo que fazia leitura diária do consumo de água nessas instalações e disponibilizava em um site de acesso público. Por consequência dessa aplicação, a UFBA e o CAB (Centro Administrativo da Bahia) têm conseguido uma significativa economia nas despesas com água.

No entanto, a necessidade de monitoramento e coleta de dados de forma manual deixa lacunas importantes, principalmente quando se trata da automatização em tratamento de dados. Apesar disso, projetos como o da UFBA e o próprio **MOREA**, desempenham um importante papel na construção de uma base metodológica robusta, com potencial para inspirar e facilitar o aprimoramento de futuras investigações.

## **3. Trabalhos Relacionados**

Assim como o projeto de pesquisa da UFBA [Sánchez et al. 2016], existem muitas outras propostas e aplicações envolvendo a medição do consumo de água, que contribuem no desenvolvimento de intervenções similares no futuro.

Em 2006, engenheiros da Empresa Baiana de Águas e Saneamento propuseram um sistema de medição individualizada de água. O objetivo era de solução hidráulica, dispensando o uso de tecnologias mais sofisticadas para leitura remota e telecomando, para a medição individual dos apartamentos populares construídos pela URBIS (Órgão governamental de gestão de projetos de habitação na Bahia), nas Comunidades de Cajazeiras e Fazenda Grande, que tornava a medição mais economicamente viável para a concessionária. A solução, com controle centralizado, permitia a instalação de todos os hidrômetros individuais no “hall” de entrada do prédio, em área externa, em frente dos medidores de energia elétrica. Com essas instalações de hidrômetros, permitiu-se uma maior racionalização de água e a conscientização dos usuários [Marques and Silva 2006].

Já em 2015, com uma proposta similar a do **MOREA**, um estudante do Bacharelado em Sistemas de Informação do Centro Universitário Eurípides de Marília, em seu trabalho de curso, esboçou um projeto com uso de Arduino e Sensores de vazão para o racionamento adequado da água, discorrendo sobre a possibilidade do uso das IoT na gestão de recursos hídricos. Em um contexto de problemas de abastecimento de água em várias regiões do Brasil, apresentava-se uma solução de monitoramento de consumo de água residencial composta por módulos medidores, nos pontos consumidores da residência. Uma aplicação web recebe dos sensores informações e as disponibiliza para o usuário final em forma de gráficos de consumo dos determinados pontos da residência [Alves 2015].

Em suma, esta revisão abrangente de trabalhos relacionados proporciona uma visão geral sobre determinados conhecimentos interconectados e permite a descoberta de soluções emergentes, destacando as contribuições dos estudos anteriores como um alicerce para a pesquisa em questão, com o propósito de expor a relevância dessa investigação em relação à comunidade acadêmica.

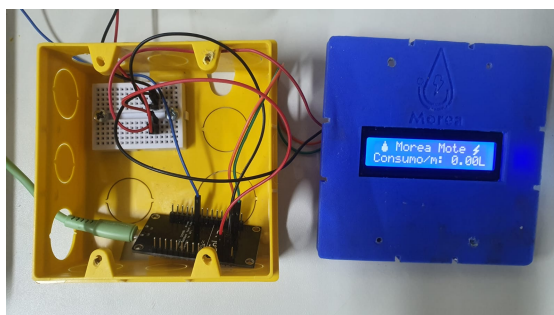
#### **4. Materiais e métodos**

Os sensores de vazão, assim como os utilizados no protótipo, medem a quantidade de líquido que passa por uma tubulação em determinado período de tempo. A precisão dessas informações fornece parâmetros que facilitam a compreensão da forma como ocorre esse consumo [Bojorge 2016]. A utilização de sensores de medição de vazão é uma abordagem importante para gestão eficiente de recursos hídricos.

Além do uso do medidor de vazão e da tecnologia IoT, o protótipo incorpora uma estrutura física customizada por meio de modelagem 3D. Utilizar a modelagem e impressão 3D para prototipagem rápida permite a criação de componentes específicos, adequando-os e atendendo às necessidades em determinados cenários. Isso acelera o processo de desenvolvimento e permite que testes sejam realizados, analisando determinados aspectos antes de uma produção em larga escala. A princípio, o protótipo serve de base para um sistema de monitoramento contínuo do fluxo de água, que visa identificar possíveis vazamentos, rupturas nas tubulações ou quaisquer falhas na distribuição de água. Dessa forma, é possível tomar decisões mais eficazes e reduzir custos com desperdícios.

A construção do dispositivo mote (abreviação do termo “*mobile remote*”, usado em redes de sensores sem fio) é fundamentada na aplicação de variados recursos, como a reutilização de caixas de tomada e modelagem 3D, com o objetivo de obter um menor custo. A impressão custou cerca de **R\$5,30**, utilizando 44 g de filamento. Conforme ilustrado na Figura 1, foram empregados os seguintes componentes: Uma caixa de

sobreposição de tomada 4x4, uma tampa adaptada a caixa (fabricada através de impressão 3D), um sensor de vazão de água e um ESP8266.

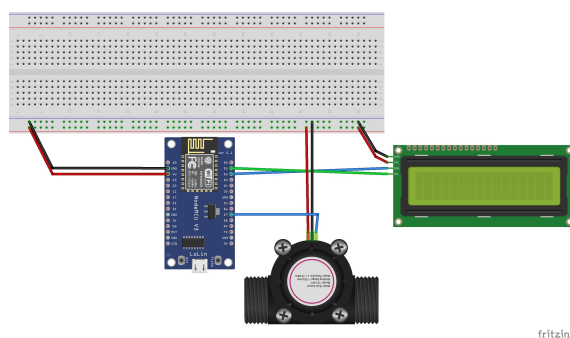


**Figura 1. Protótipo**

A transmissão de dados acontece através do protocolo HTTP, onde o mote envia, por meio do método GET, uma chave de segurança, os dados de coleta de consumo dos últimos 5 minutos e seu código de identificação. A coluna de total coletado é calculada pelo servidor. Após enviar os dados, o mote exibe uma mensagem de confirmação no display, zera as variáveis de coleta, e então volta a acumular os dados, atualizando no display o volume coletado a cada 5 segundos. A conexão HTTP é possibilitada pela biblioteca HTTPclient, que permite requisições a servidores web pelos métodos GET, POST e PUT utilizando um ESP ou Arduino.

Quanto ao processamento, foi selecionada uma abordagem que fosse eficiente e econômica para tal implementação. Foram utilizados os seguintes recursos: uma VM - Virtual Machine - da AWS que recebe os dados, com sistema operacional Ubuntu Server 22.04, com cerca de 1 GB de Memória RAM e 1 VCPU. Para o tratamento de dados, foi utilizado o framework Django. Além disso, para a fácil administração de todos os dados recebidos, utilizou-se o Nginx para encaminhamento das requisições para a VM de processamento, contudo também utilizamos o Nginx para o balanceamento de carga.

## 5. Resultados



**Figura 2. Esquema da montagem do mote.**

Os Motes são montados utilizando como plataforma um ESP8266-NodeMCU, onde o display e o sensor tem suas conexões de energia feitas através de uma protoboard ligada a saída 5v e pino GND do ESP. As conexões de dados são feitas através das portas D1 e D2 para o display e D7 para o sensor como mostrado na Figura 2. A partir do

modelo produzido é possível fazer a medição setorizada do consumo de água no campus, sendo cada mote individual e independente um do outro. Com isso, é possível distribuir os motes de forma eficiente e homogênea pelo campus, garantindo que todas as áreas necessárias estarão sendo monitoradas.

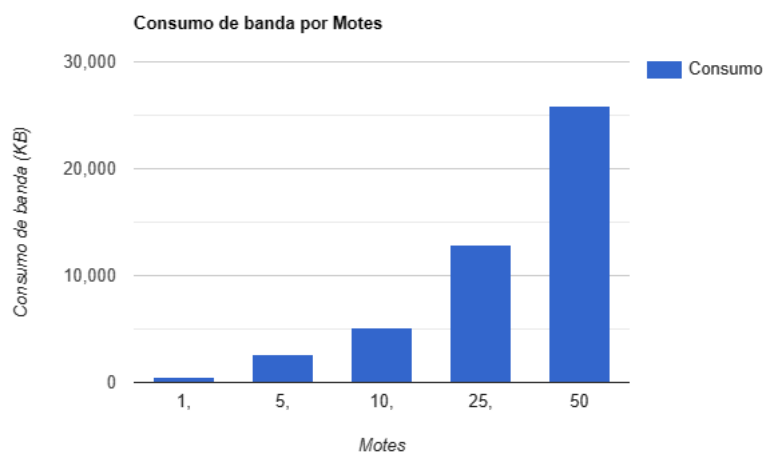
O modelo obtido apresenta 11x11x5 cm e pode ser facilmente instalado em paredes, tanto embutidos, por apresentar dimensões de uma caixa de tomada 4x4, quanto parafusado na mesma. Os cabos para conexão do sensor ficam acessíveis por fora da caixa, sendo necessário apenas uma fonte de energia próxima, um sensor acoplado a um cano e conexão com a internet para iniciar as medições.

Os dados são enviados a cada 5 minutos para um servidor Web e armazenados, constando o valor da última coleta, o total já recebido e o horário da coleta, que é registrada quando o servidor recebe os dados, conforme detalhamento na Tabela 1.

	Última Coleta (L)	Total Coletado (L)	Data e Hora
01	0,07	0,07	30 de Maio de 2023 às 18:44
02	0,33	0,4	30 de Maio de 2023 às 18:49
03	0,10	0,5	30 de Maio de 2023 às 18:54
04	0,6	1,1	30 de Maio de 2023 às 18:59
05	0,05	1,15	30 de Maio de 2023 às 19:04

**Tabela 1. Tabela contendo os dados recebidos pelo servidor, em litros.**

Considerando a escalabilidade do projeto, o consumo de banda também deve ser considerado. Os pacotes enviados pelo mote ao servidor apresentam um tamanho de 517KB cada, tamanho razoavelmente baixo e que possibilita expansão da malha de motes mesmo em locais com difícil conexão à Internet. A Figura 3 traz o consumo de banda, em KB, esperado para uma rede com 1, 5, 10, 25 e 50 motes. Nota-se que com 50 motes simultâneos, o uso de banda chegaria a aproximadamente 25 MB, porém como os sensores não precisam enviar os dados de forma sincronizada, tal situação de consumo simultâneo da banda é pouco provável e facilmente evitável.



**Figura 3. Consumo de banda a cada envio, por quantidade de motes.**

## 6. Conclusão

Ainda que o projeto já tenha uma boa base construída, há ainda um amplo espaço para avanços. Entre os projetos futuros, destacam-se testes de precisão das coletas e simplificação do processo de montagem do mote. Dessa maneira, tornando o projeto mais sólido, escalável e confiável. Tais dados têm uma importância fundamental para a análise visando a redução do desperdício de água. Soluções de baixo custo e fácil instalação são escassas no mercado global, e o protótipo proposto pode se enquadrar em diversos projetos públicos ou privados.

Baseando-se nos objetivos do projeto, disponibilizou-se o projeto de forma *open-source* (<https://github.com/Morea-IFS/>), já que o mesmo pode ter impacto significativo na preservação da água potável, e consideramos que ideias assim devem ser compartilhadas, melhoradas e debatidas pela comunidade.

## Referências

- Alves, R. (2015). Solução de monitoramento de consumo de água residencial. pages 8–25.
- Bojorge, N. (2016). Sistemas de medição de vazão. pages 2–34.
- BRASIL (1981). Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-6938-31-agosto-1981-366135-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em 28/08/2023.
- Caires, L. and Ambiental, B. (2022). Água para todos: como democratizar o acesso a esse recurso natural? Disponível em: <https://blog.brkambiental.com.br/agua-para-todos>. Acesso em 27/07/2023.
- Marques, J. and Silva, S. (2006). Xi-075 - projeto de medição individualizada de água para os apartamentos dos prédios padrão popular, das comunidades de cajazeiras e fazenda grande - salvador. pages 1–7.
- Medeiros, R. (2022). Sustentabilidade. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/sustentabilidade/>. Acesso em 27/07/2023.
- Moutinho, T. J. and J.S, A. W. (2014). Água potável: Escassez e desperdício. *BMetrologia*, 292:124–133.
- ONU (2015). Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>. Acesso em 27/07/2023.
- ONU (2022). 25% da população mundial não tem acesso a água potável. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/204766-25-da-popula%C3%A7%C3%A3o-mundial-n%C3%A3o-tem-acesso-%C3%A1-gua-pot%C3%A1vel-alerta-onu>. Acesso em 28/08/2023.
- Sánchez, A., Cohim, E., and Kalid, R. (2016). Um sistema de monitoramento do consumo de água e detecção de vazamentos facilmente acoplável à instalação hidráulica de qualquer prédio. *BMetrologia*, 286:83–85.