

Sistema Embarcado IOT Aplicado ao contexto de Crises Hídricas

Embedded IOT System Applied to the Context of Water Crises

Janneson José Ferreira de Lima^{1*}, Veronica Maria Lima Silva², Reudismam Rolim de Sousa¹,
Rosendo Lucas Santana da Costa¹

RESUMO

A cidade de Pau dos Ferros/RN, nos últimos anos, tem realizado rodízio no abastecimento de água no intuito de amenizar a crise hídrica. Esse rodízio é realizado por setor e é comum ver residências que utilizam caixas d'água como reservatórios extras para acumularem água que dure até o próximo abastecimento, de aproximadamente 15 dias. A população não tem avisos oficiais de quando receberão água. Desta forma, no presente trabalho, foi desenvolvido um sistema embarcado com a funcionalidade de comunicar à população, com auxílio de um sistema web, sobre a chegada de água nos setores residenciais. A comunicação do sistema embarcado para a interface web utiliza conceitos da Internet das Coisas. O sistema embarcado utiliza a placa NodeMCU ESP8266, responsável por enviar os dados para o sistema web por uma API específica. Para detectar a passagem de água, foi utilizado um sensor de fluxo de fluido. A partir do sistema embarcado, o consumidor pode visualizar através de um Display LCD OLED uma mensagem que confirme ou não a passagem de água, bem como a quantidade de água recebida em sua caixa d'água.

Palavras-chave: Crise Hídrica; Racionamento de Água; Sistema Embarcado; Comunicação sem fio; Internet das Coisas.

ABSTRACT

The city of Pau dos Ferros/RN, in recent years, has performed rotation in the water supply in order to alleviate the water crisis. This rotation is done by sector, and it is common to see homes that use water tanks as extra repositories to accumulate water that lasts until the next supply, of approximately 15 days. The population does not have official news of when they will receive water. Thus, in the present work, an embedded system was developed with the functionality of communicating to the population, with the help of a web system, about the arrival of water in residential sectors. The communication of the embedded system to the web interface uses Internet of Things concepts. The embedded system uses the NodeMCU ESP8266 board, responsible for sending data to the web system through a specific API. A fluid flow sensor was used to detect the passage of water. From the embedded system, the consumer can visualize through an OLED LCD Display a message that confirms or not the passage of water, as well as the amount of water received in his/her water tank.

Keywords: Water Crisis; Water rationing; Embedded System; Wireless communication; Internet of Things.

¹ Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

*E-mail: janneson.lima@alunos.ufersa.edu.br

² Universidade Federal da Paraíba

INTRODUÇÃO

A escassez de água é muito presente na região Nordeste, e, com muito esforço, a população busca por diversas formas de se manter abastecida para consumo, higienização, lavagem de roupas, louças e outras atividades que envolvem o recurso hídrico. Segundo Fagundes et al. (2020), essa região passa por esse problema devido a questões geográficas, tornando o debate sobre as políticas de direito à água, principalmente, em períodos de escassez e condições climáticas áridas de suma importância. Os autores ressaltam que outros fatores como o desperdício, poluição e distribuição inadequada da água e maior demanda, devido ao crescimento da população, também contribuem para a crise hídrica nesta região.

O setor residencial, por exemplo, consome grande parte do abastecimento de água urbano com grande potencial para melhorar a conservação. Durante crises hídricas é possível defender diversas ações individualizadas para reaproveitar a água utilizada no banho, lavagem das mãos, água descartada das máquinas de lavar roupas, entre outras. Esse reaproveitamento da água pode ser utilizado em descargas de vasos sanitários, lavagem de calçadas e pisos, e a irrigação de paisagismo, jardins e plantas domésticas (TARGA; BATISTA, 2015).

A cidade de Pau dos Ferros, localizada no interior do Rio Grande do Norte, sofre bastante com a escassez de água. De acordo com Júnior, Alves e Filho (2018), ela é considerada um polo central de 37 cidades ao seu redor, em que faz fronteira com o Ceará e não muito distante, também, da Paraíba. A cidade, atualmente, é abastecida pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) e faz sua distribuição, quando se percebe uma possível crise hídrica, alternando por setores (ABRANTES, 2018). A cidade é dividida em três setores, passando alguns dias em cada um desses setores.

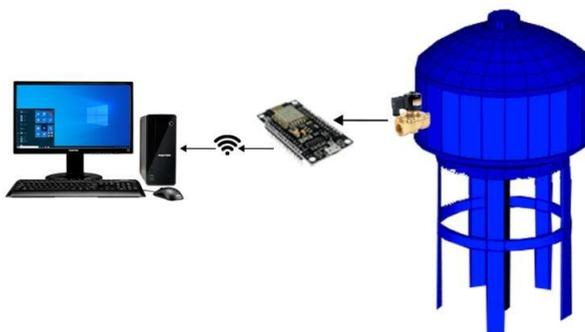
Não possuindo um site/portal oficial da distribuidora de água, a cidade realiza o acompanhamento do abastecimento de água entre os setores pela população de Pau dos Ferros de maneira cooperativa através de grupos em redes sociais, para identificar quando, e se, chegará água a sua casa. Os avisos sobre o abastecimento dos setores são realizados de maneira informal, ou seja, o “boca a boca” ou em grupos de WhatsApp e Facebook, o que pode produzir informações falsas ou enganosas, pois essas trocas de informações nem sempre são efetivas. Segundo Abrantes (2018), a população se encontra

insatisfeita com o sistema de rodízio realizado naquele contexto, visto que, além da falta d'água, a população não tem informações oficiais e confiáveis sobre a data de abastecimento.

Logo, partindo desta problemática, com o intuito de promover informação confiável à população sobre a chegada de água em seus setores, neste trabalho é apresentado o desenvolvimento de um Sistema Embarcado (SE) para monitorar a chegada de água e a quantidade de água abastecida, que possibilita a comunicação com sistemas Web ou aplicativo, permitindo que o consumidor seja informado sobre qual setor está sendo abastecido.

O SE desenvolvido é responsável por verificar a passagem de água em caixas d'água, sinalizando a distribuição do abastecimento entre os setores de racionamento, bem como a quantidade de água distribuída. Esses dados são enviados pelo SE via Internet Wi-Fi para sistemas interessados, informando aos usuários se seu setor está sendo abastecido. O conceito de IoT (do inglês *Internet of Things* - Internet das Coisas) foi utilizado neste projeto adicionando conectividade a caixas d'água de abastecimento residencial, como apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Visão geral do sistema



Fonte: Autores (2021)

Para atender as funcionalidades especificadas, o sistema embarcado é composto por:

- Uma plataforma microcontrolada, com módulo Wi-Fi integrado;
- Um sensor de fluxo de fluido, responsável por identificar o abastecimento de água de cada setor, bem como a quantidade de água acumulada por aquele sensor;
- Um LED (Diodo Emissor de Luz) para visualização das informações.

Em seu funcionamento, o SE envia as informações sobre o status de abastecimento e o consumo do usuário por uma API para sistemas interessados. Neste sentido, o SE é caracterizado como uma ferramenta IoT. Os sistemas interessados nos dados podem ser

de diferentes tipos e são partes fundamentais da solução proposta, visto que eles serão responsáveis por prover essas informações de forma simples para a população.

Portanto, o presente artigo é composto por seções que especificam os conceitos utilizados (Seção 2), bem como os materiais de hardware e métodos de programação dos hardwares (Seção 3). Sequencialmente, na Seção 4, são apresentados os resultados obtidos e por último, na Seção 5, as conclusões.

CONCEITOS IMPORTANTES

A Internet das Coisas pode ser definida como a conexão de coisas como: geladeiras, pulseiras, lâmpadas, etc. à internet por meio do uso de sistemas embarcados, microeletrônica, comunicação e sensoriamento (SANTOS et al., 2016). A caracterização desse avanço se pontua na capacidade de comunicação desses sistemas com a Internet. Por meio da IoT é possível controlar remotamente qualquer objeto que se utilize desta tecnologia. Considerando que esses objetos se somam a outros recursos disponíveis, uma variedade de aplicações surgem como Smartwatch, Smart TV, Smartphones, entre outras.

No contexto de utilização de IoT em crises hídricas, Kadar, Rafee e Sameon (2018) afirmam que ela é uma ferramenta potencial que orienta, entende e auxilia na abordagem de crises hídricas. Os autores defendem que esta tecnologia seja usada pelo governo, indústrias e pessoas para a utilização mais consciente da demanda e priorizar o abastecimento de água para os que mais necessitam.

Os SEs são sistemas de processamento de informação incorporados em um produto maior (MARWEDEL, 2021) e denotam projetos com funcionalidade que atendem a atuação de sensores, atuadores e controladores, que passam por centrais eletrônicas de processamento, destinada somente para atividades específicas (SANTOS; CAMPOS; OLIVEIRA, 2021). Em concordância, Pont (2020) cita exemplos de aplicações de sistemas embarcados presentes no cotidiano como celulares, eletrodomésticos e a assistente virtual da Amazon, a Alexa, entre outros.

Para contextualizar a utilização de SE como recurso para sanar alguns problemas da escassez d'água, Carvalho (2021) apresenta uma alternativa para utilização de água em período de racionamento de água. Ele cria um SE voltado para o combate ao desperdício de água, utilizando um microcontrolador para controlar o fluxo de água

injetado no solo, sem interferência humana direta para alimentar o sistema que assegura a plantação de cana-de-açúcar e mandioca.

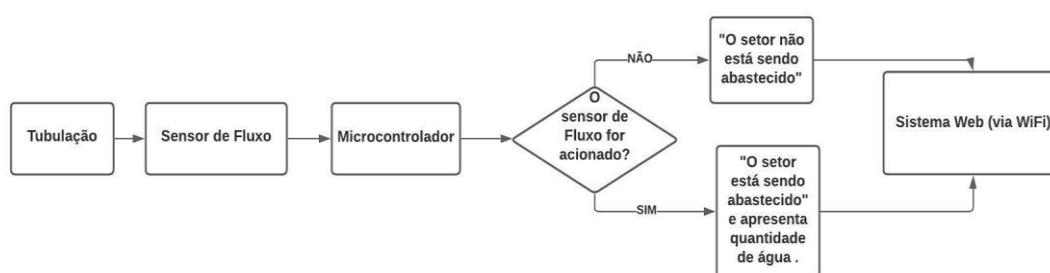
MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção é abordado o SE para a detecção do abastecimento de d'água, composto, de uma maneira geral, por duas etapas:

1. Leitura do sensor de fluxo de água pelo microcontrolador;
2. Envio de informações utilizando o módulo Wi-Fi.

Na Figura 2 é ilustrado, por um diagrama de blocos/fluxograma, o funcionamento geral do sistema embarcado. O bloco "tubulação" representa a tubulação da distribuidora que abastece a caixa d'água. A água da tubulação passa pelo bloco "sensor de fluxo" e segue para o reservatório residencial. O bloco "microcontrolador" é responsável por verificar a passagem de água e a quantidade de água. Se esses processos forem positivos, significa que o setor está em abastecimento (recebendo água da tubulação); logo, o microcontrolador envia o sinal por Wi-Fi para o sistema interessado nos dados, exemplificado como um Sistema Web na figura. Assim, o sistema recebe a informação positiva e exibirá na interface o abastecimento. Caso contrário, pode exibir que o setor não está sendo abastecido, por exemplo.

Figura 2 - Lógica do Sistema Embarcado



Fonte: Autores (2021)

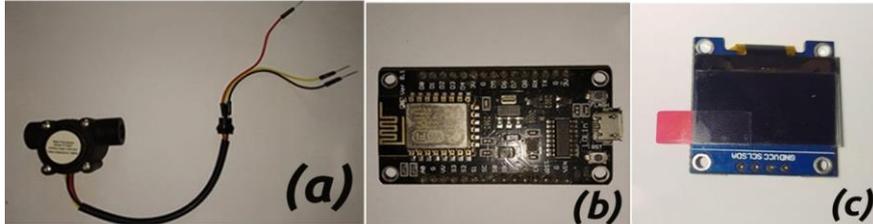
No desenvolvimento do sistema foram utilizadas tecnologias de hardware e software.

HARDWARE UTILIZADOS

Para a construção do protótipo foram necessários os seguintes componentes de hardware, exemplificados na Figura 3:

1. Sensor de fluxo (a);
2. NodeMCU Esp8266 (b);
3. Display de LCD OLED (c);

Figura 3 - Hardwares Utilizados



Fonte: Autores (2021)

O Sensor de Fluxo de Fluido (a) utiliza como princípio um sensor de efeito Hall. Para Sharon, Khachatryan e Cheskis (2018), o sensor de efeito Hall (Figura 4) é um sensor magnético que com uma engrenagem com hélices que mede, através de pulsos, o fluxo de rotação desse mecanismo. Na medida que o fluido passa pela engrenagem, a força do fluido movimentada as hélices e faz com que a engrenagem realize uma volta completa, gerando um pulso. Esse pulso é enviado para o microcontrolador, que por meio da programação realiza o processo de conversão para as unidades de medidas convencionais de vazão.

Figura 4 - Sensor de Fluxo



Fonte: <https://www.multcomercial.com.br/sensor-de-fluxo-de-agua-dn32.html>

Para a conversão dos pulsos em litros por minutos, unidade de medida mais comum para fluidos, utiliza-se a Equação 1, que é a relação entre frequência de pulsos e L/min.

$$Q = 1000 * r \div (t * a) \quad (1)$$

Onde,

t = tempo de rotação das hélices do sensor;

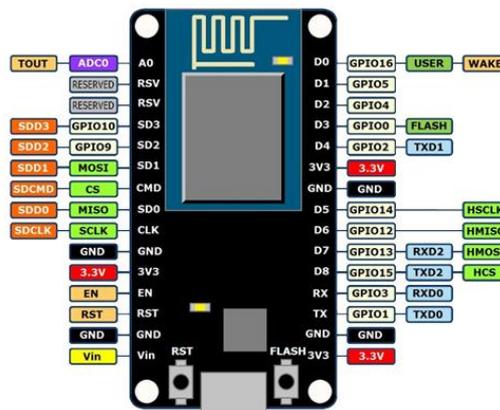
r = quantidade de rotação das hélices;

a = fator de calibração do sensor.

O fator de calibração é uma constante fornecida pelo fabricante do sensor, que nesse caso é igual à $7,5Q$, onde “Q” é a vazão em L/min (CASTRO, 2020).

O projeto foi desenvolvido utilizando o microcontrolador NodeMCU (b), um *firmware* que permite programar módulos ESP8266 (MOREIRA, 2017). O módulo ESP8266 envia dados de forma serial pela rede em que é conectado. O servidor pode conter uma página web com informações dos componentes ligados ao ESP8266. Esse microcontrolador é um chip de rede sem fio que permite a comunicação via TCP/IP (do inglês *Transmission Control Protocol* - Protocolo de Controle de Transmissão). O chip contém uma memória flash, que permite armazenar aplicações em uma memória cache e também a atualização dos dados. Uma visão geral do NodeMCU - ESP8266 é apresentada na Figura 5.

Figura 5 - Pinagem NodeMCU - ESP8266



Fonte: Thomsen (2016)

De forma geral, o módulo tem capacidade de processamento e armazenamento que permite que se possa integrar através de sensores nas portas GPIO (do inglês *General Purpose Input/Output* - Portas Programáveis de Entradas e Saídas) e gerência essas entradas e saídas de informação em menos tempo de carregamento, durante o tempo de execução. A comunicação microcontrolador-servidor é feita usando o protocolo HTTP (do inglês *Hyper Text Transfer Protocol* - Protocolo de Transferência de Hipertexto) (Srivastava; Bajaj; Rana, 2018). O NodeMCU pode ser programado na linguagem C.

O display LCD OLED 0.96 I2C (c) é um painel de 128x64 pixels, um componente bastante usado em aplicações com microcontroladores, conforme pode ser visto na Figura 6. Para seu uso, os dados são enviados pelo microcontrolador através de interface periférica de interface I2C (Circuito Inter-Integrado) ou interface SPI (Interface Periférica Serial). Destaca-se nele o baixo consumo de energia e o fato de só utilizar 4 pinos que fazem a conexão com o microcontrolador (KODALI; MAHESH, 2016). Ele é bastante

utilizado para exibir informações de sensores, tais como temperatura, umidade, valor de tensão ou corrente.

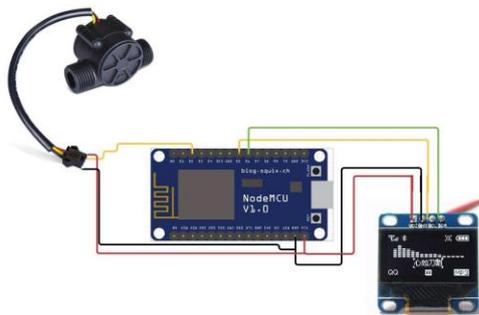
Figura 6 - Display LCD OLED



Fonte: FILIPEFLOP (2020)

No diagrama esquemático representado na Figura 7, percebe-se que o GPIO recebe somente o fio amarelo do sensor. Os demais fios do sensor representam o GND (terra), fio preto, e o fio vermelho, a alimentação. Por fim, tem-se o display LCD OLED, responsável por apresentar as leituras realizadas pelo hardware e comunicar ao usuário se há passagem de água ou não, e a mensagem de conexão com a rede sem fio.

Figura 7 - Diagrama esquemático



Fonte: Autores (2021)

SOFTWARE UTILIZADOS

O ESP8266 é um microcontrolador compatível com o IDE do Arduino, logo, pode-se usar o mesmo software para a programação de componentes. Assim, o Ambiente Integrado de Desenvolvimento Arduíno (IDE do inglês *Integrated Development Environment*) é uma plataforma que permite escrever e fazer upload de programas nas linguagens C e C++ em placas compatíveis com essa plataforma. Estes programas são

escritos no próprio editor de texto contido na IDE, salvos em arquivos (.ino), formando o que chamam de *sketches* (RIBEIRO; JÚNIOR, 2020).

Para a realização da programação do microcontrolador NodeMCU, necessita-se de incluir bibliotecas que servem tanto para comunicação com a internet como operações de tratamentos de dados de entradas/saídas. As bibliotecas utilizadas neste trabalho são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Bibliotecas

Biblioteca	Descrição
ESP8266WiFi.h	Esta biblioteca fornece rotinas específicas de Wi-Fi ESP8266, utilizada para se conectar à rede.
ESP8266HTTPClient.h	Fornecer os métodos para enviar solicitações HTTP.
Wire.h	Esta biblioteca permite a comunicação com dispositivos I2C/TWI.
SSD1306Wire.h	Utilizada para acessar o <i>display</i> LCD OLED.

Fonte: TECHTUTORIALSX (2016)

A troca de informações entre sistema embarcado e o sistema interessado é realizada pelos métodos do protocolo HTTP, utilizando JSON, objeto do JavaScript, bastante utilizado por aplicações Web (PADILHA et al., 2020). Esse protocolo oferece alguns métodos de trocas de informações, como o GET, POST, PUT, entre outros. Para a efetiva comunicação é necessária uma padronização entre o hardware e o sistema interessado. Assim, o sistema interessado, configurado com HTTP, é preparado para receber os dados, através de palavras chaves. O sistema interessado então interpreta e executa as informações. Com intuito de padronizar esta integração foi projetado um *endpoint* para comunicação entre o SE e o sistema interessado, detalhado na seção de Resultados.

RESULTADOS

Aplicando o protocolo HTTP, através do método PUT é inicialmente predefinido as requisições necessárias para o funcionamento do SE. Nas discussões seguintes, o sistema interessado na comunicação é denotado por um sistema web, que contém entradas e saídas de dados. O Quadro 2 apresenta as requisições de entradas, onde apresenta a identificação do sensor e a variável armazenada a quantidade de água acumulada por

aquele sensor bem como uma *flag* de aviso se há ou não abastecimento em um determinado momento.

Quadro 2 - Input

Variáveis	Definição
sensor_id	Identificação do sensor.
consumo	Consumo em litros desde a última requisição válida.
tem_agua	<i>Flag</i> que avisa sobre o abastecimento.

Fonte: Autores (2021)

Como dados de saída, pode-se ter o controle sobre o envio de dados corretos. O Quadro 3 apresenta as saídas especificadas.

Quadro 3 - Output

Código HTTP	Definição
HTTP Code 200	Envio de dados realizado com sucesso.
HTTP Code 400	Dados inválidos.

Fonte: Autores (2021)

A comunicação entre o SE e o sistema web é implementada por meio da biblioteca "ESP8266HTTPClient.h", que permite fazer o envio dos dados via ESP8266. Inicialmente é inserido o login e senha da rede Wi-Fi do usuário na biblioteca supracitada. Após isso é verificado se há conexão. Uma vez conectado, o código faz o tratamento dos dados oriundos do sensor e envia para o servidor do sistema Web. Esse envio é feito através do método "HTTPClient". Posteriormente, tem-se a definição do cabeçalho, "http.addHeader", que necessita da especificação do tipo de conteúdo; nesse trabalho é utilizado "application/json". A partir do método "PUT" do objeto HTTPClient, os dados são efetivamente enviados para o sistema web por objeto JSON. No Quadro 4 são apresentadas as requisições utilizadas para testes pelo sistema embarcado ao sistema web.

Quadro 4 - Sincronização JSON

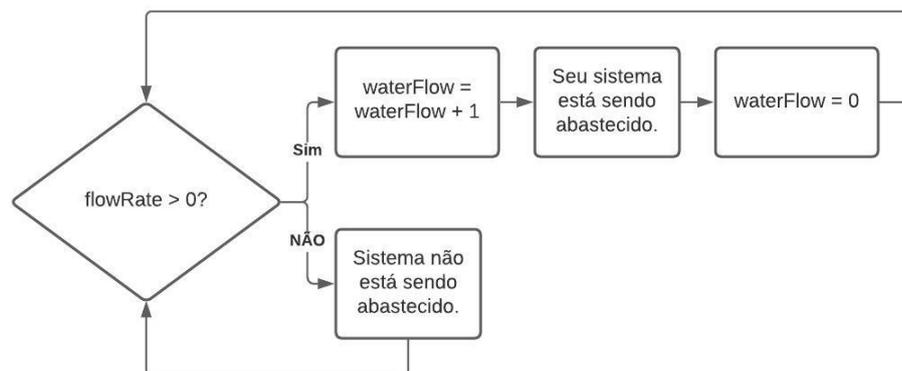
Endereço	Realização do envio
\"sensor_id\"\\	\"6781c88c-7d5a-471d-a965-03df3634f1df\"\\
\"consumo\"\\	\\+String(totalLitres)+\"\\

\"tem_agua\"	\"+String(waterFlow)+\"
--------------	-------------------------

Fonte: Autores (2021)

As etapas de comunicação com o servidor web acontecem conforme descrito a seguir: inicialmente, tem-se a identificação do sensor e sincronização, em que cada sensor envia sua identificação única, gerada aleatoriamente por motivos de segurança. Caso essa sincronização seja feita, o código HTTP Code 200 é recebido. Posteriormente, tem-se o envio da informação se está ou não havendo o abastecimento (variável "waterFlow"), feita através de um algoritmo condicional, conforme apresentado na Figura 8. Por fim, o consumo (variável "totalLitres"), calculado por meio da Fórmula 1, em que o resultado é dado em L/min (litros/minutos).

Figura 8 - Fluxograma de controle de verificação de passagem de água



Fonte: Autores (2021)

Os envios das mensagens "seu setor está sendo abastecido" e "seu setor não está sendo abastecido" ficam associadas a variável "waterFlow", que, por sua vez, depende da variável "flowRate". Se o fluxo instantâneo estiver acima de 0, a "waterFlow" recebe 1, e imprime a mensagem "setor está sendo abastecido". Após isso, a variável "waterFlow" retorna para 0. Caso "flowRate" seja menor ou igual a 0, a mensagem "setor não está sendo abastecido" é impressa.

O consumo, que representa a quantidade de água acumulada, é obtido pela Fórmula 3, com o incremento da variável "flowRate" na "totalLitres".

$$flowLitres = \frac{flowRate}{60} \quad (2)$$

$$totalLitres = +flowlitres \quad (3)$$

A mensagem (1), na Figura 9, indica o sucesso na comunicação hardware-sistema web, com a indicação do valor 200, que na requisição HTTP é bem sucedida. Essa

mensagem é recebida do servidor, apresentando a identificação do sensor conectado, bem como o acúmulo de água. Ainda na imagem é possível observar os avisos sobre o abastecimento, o "fluxo instantâneo" e o "fluxo acumulado" (2). O fluxo instantâneo permite saber a vazão no momento. O fluxo acumulado é utilizado pelo servidor web, na perspectiva de apresentar ao consumidor, de acordo com cada data de abastecimento, a quantidade de água enviada por aquele sensor de fluxo.

Figura 9 - Mensagens de Sincronização e impressão do código

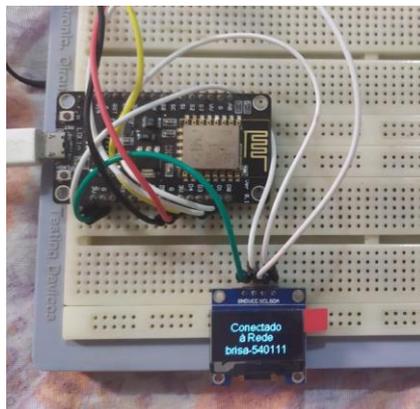
```

/dev/ttyUSB0
|
200
{"success":true,"data":{"sensor":{"id":"6781c88c-7d5a-471d-a965-03df3634f1df","is_fueling":"0","last_supply":null,"total_supply":"0.00"},"
Seu reservatório não está sendo abastecido Fluxo instantâneo: 0.00L/min Acumulado : 0.00L
200
{"success":true,"data":{"sensor":{"id":"6781c88c-7d5a-471d-a965-03df3634f1df","is_fueling":"0","last_supply":null,"total_supply":"0.00"},"
Seu reservatório não está sendo abastecido Fluxo instantâneo: 0.00L/min Acumulado : 0.00L
200
{"success":true,"data":{"sensor":{"id":"6781c88c-7d5a-471d-a965-03df3634f1df","is_fueling":"0","last_supply":null,"total_supply":"0.00"},"
Seu reservatório não está sendo abastecido Fluxo instantâneo: 0.00L/min Acumulado : 0.00L
200
{"success":true,"data":{"sensor":{"id":"6781c88c-7d5a-471d-a965-03df3634f1df","is_fueling":"0","last_supply":null,"total_supply":"0.00"},"
Seu reservatório está sendo abastecido Fluxo instantâneo: 0.10L/min Acumulado : 0.00L
200
```

Fonte: Autores (2021)

Na Figura 10 é possível observar o circuito montado e conectado à rede Wi-Fi. O display LCD OLED, também apresenta as mensagens, que confirmam ou não se há abastecimento.

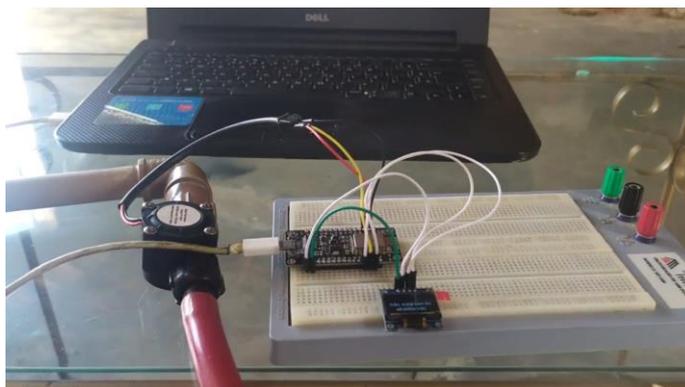
Figura 10 - Circuito conectado à rede



Fonte: Autores (2021)

Por sua vez, na Figura 11 pode ser visto o sistema instalado e em funcionamento.

Figura 11 - Sistema Instalado



Fonte: Autores (2021)

CONCLUSÃO

O presente artigo foi desenvolvido no contexto de crises hídricas, em que o rodízio de abastecimento é implantado. A utilização de sistemas embarcados, com o conceito de IoT, foi apontada como uma forma de auxiliar nesta problemática, sobretudo em regiões sem um canal de comunicação oficial com a população. Dessa forma, neste trabalho foi desenvolvido um sistema embarcado como parte de uma solução para informar, de maneira confiável, sobre o abastecimento de água para a população da cidade de Pau dos Ferros.

O sistema embarcado desenvolvido pode ser acoplado na caixa d'água dos usuários de maneira a conectá-la à internet. Assim, o sistema informa, além do abastecimento, a quantidade de água consumida pelo usuário, ajudando no planejamento em período de racionamento de água. O protótipo não limita o uso somente em período de rodízio e pode ser usado como ferramenta de auxílio para a distribuição de água, ajudando a identificar possíveis pontos de perdas no sistema de distribuição de água. O sistema embarcado com o sistema web, fornece para a região um sistema eficiente, seguro e de fácil manutenção com custo acessível.

Na realização de testes foi notado que o ar influencia na medição da quantidade acumulada, fazendo com que o sistema contabilize ar junto com água. Assim, destaca-se como trabalho futuro a implementação de um sistema que corrija essa interferência. Além disso, pretende-se implantar um módulo GPS, para tornar a localização dos sensores mais confiável e, também, implementar um método de configuração para aquisição das credenciais da rede de internet do usuário. Para a utilização de vários sensores, necessita-se realizar a histerese dos sensores, bem como modificar algumas funções utilizadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ABRANTES, C. G. F. Diagnóstico do sistema de abastecimento de água pela percepção do usuário na cidade de Pau dos Ferros/rn. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2018.

CARVALHO, A. Projeto de irrigação com o uso de tecnologia no cef 04 de sobradinho. **Revista Com Censo: Estudos Educacionais do Distrito Federal**, v. 8, n. 1, p. 92–100, 2021. ISSN 2359-2494. Disponível em: <<http://www.periodicos.se.df.gov.br/index.php/comcenso/article/view/888>>.

CASTRO, G. de. 2020. Disponível em: <<https://www.robocore.net/tutoriais/usando-sensor-fluxo-de-agua>>.

FAGUNDES, O.; OLIVEIRA, L.; YAMASHITA, O.; SILVA, I.; CARVALHO, M.; RODRIGUES, D. A crise hídrica e suas implicações no agronegócio brasileiro: Uma revisão bibliográfica the water crisis and its implications in brazilian agribusiness: A bibliographic. 2020.

JÚNIOR, I. R. da S.; ALVES, L. d. S. F.; FILHO, J. L. de O. P. Água como um bem social público: os processos de privatização face ao abastecimento público em pau dos ferros-rn. **Geosul**, v. 33, n. 68, p. 58–82, 2018.

Kadar, H. H.; Rafee, P. A. A.; Sameon, S. S. Internet of things (iot) and water crisis. In: 2018 4th **International Conference on Computer and Information Sciences (ICCOINS)**. [S.l.: s.n.], p. 1–6. 2018.

KODALI, R. K.; MAHESH, K. S. Low cost ambient monitoring using esp8266. In: **2016 2nd**

International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I). [S.l.: s.n.], 2016. p. 779–782.

MARWEDEL, P. **Embedded System Design: Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems, and the Internet of Things**. Springer International Publishing, 2021. (Embedded Systems). ISBN 9783030609108. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=qCoXEAAAQBAJ>>.

MOREIRA, A. F. e Isa Natália Magalhães e Marília Souza e Ademar Costa Junior e C. Sistema de aquisição de sinais ecg processado pelo labview com comunicação wi-fi por meio do módulo esp8266. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, v. 1, n. 34, p. 62–68, 2017. ISSN 2447-9187. Disponível em: <<https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/1337>>.

PADILHA, R. J. et al. Um processo para casamento de esquemas de documentos json baseado na estrutura e nas instâncias. Universidade Federal de Santa Maria, 2020.

PONT, I. A. D. Sistemas embarcados. 2020.

SCHMITZ, M. A. et al. Comunicação bidirecional para plataforma embarcada do protegemed. Universidade de Passo Fundo, 2017.

RIBEIRO, T. B.; JÚNIOR, S. C. P. Tomada inteligente, reativa à sensores, com utilização da esp8266 para iot. 2020.

SANTOS, B. P.; SILVA, L. A.; CELES, C.; BORGES, J. B.; NETO, B. S. P.; VIEIRA, M. A. M.; VIEIRA, L. F. M.; GOUSSEVSKAIA, O. N.; LOUREIRO, A. Internet das coisas: da teoria à prática. **Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**, v. 31, 2016.

SANTOS, F. A.; CAMPOS, G. L.; OLIVEIRA, P. S. de. Modelagem e representação de vehicular functions. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 6, n. 1, p. 54–63, 2021.

SHARON, Y.; KHACHATRYAN, B.; CHESKIS, D. Towards a low current hall effect sensor.

Sensors and Actuators A: Physical, Elsevier, v. 279, p. 278–283, 2018.

Srivastava, P.; Bajaj, M.; Rana, A. S. Iot based controlling of hybrid energy system using esp8266. In: **2018 IEEMA Engineer Infinite Conference (eTechNxT)**. [S.l.: s.n.], 2018. p. 1–5.

TARGA, M. d. S.; BATISTA, G. T. Benefits and legacy of the water crisis in Brazil. *Revista Ambiente Água*, scielo, v. 10, p. 234 – 239, 06 2015. ISSN 1980-993X. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2015000200234&nrm=iso>.

TECHTUTORIALSX. 2016. Disponível em: <<https://techtutorialsx.com/2016/07/17/esp8266-http-get-requests/>>.

THOMSEN, A. 2016. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/esp8266-nodemcu-como-programar/>>.

Recebido em: 03/05/2022

Aprovado em: 05/06/2022

Publicado em: 08/06/2022