



Pluviômetro Automatizado de Código Aberto e Baixo Custo Utilizando a Plataforma Arduino

Samira Borba de Oliveira¹
Tiago Baptista Noronha²
Vinícius Tavares Guimaraes³

RESUMO

Mundialmente, inundações oriundas de chuvas são uma das catástrofes naturais mais perigosas, causando danos a vida e perdas econômicas significativas [1] [2]. Na gestão urbana, o monitoramento dos índices pluviométricos é uma preocupação latente, pois as chuvas geram consequências que atuam diretamente no funcionamento das cidades, sem falar na probabilidade de tragédias. O Brasil possui o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres, conduzido pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN)[3]. Com base nesse plano, o CEMADEN elegeu um grupo de municípios a serem monitorados por meio de pluviômetros automatizados. Porém, essa iniciativa consegue prover cobertura de um número pouco expressivo de municípios devido ao custo elevado de equipamentos de aquisição. O presente trabalho propõe utilizar os avanços e artefatos tecnológicos que emergiram com o paradigma da *Internet of Things* (IoT), para o projeto e desenvolvimento de um pluviômetro automatizado de código aberto e baixo custo. Até o momento, foram desenvolvidas a placa de circuito impresso e a programação do dispositivo para transmitir os dados mensurados ao servidor. Para transmissão dos dados, é utilizado o protocolo *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT)[4], próprio para aplicações IoT. Os dados gerados pela plataforma e publicados através do protocolo podem ser consumidos por qualquer outra aplicação. Um exemplo típico seria a possibilidade de integração com o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID, desenvolvido pelo Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil da UFSC[5]. Os próximos passos do projeto são: (i) instalação no IFSul Campus Charqueadas para experimentação em campo; e (ii) análise e discussão dos resultados obtidos. Além da solução aberta e de baixo custo (que pode ser replicada por equipes técnicas de diferentes municípios), o fornecimento de uma estação pluviométrica ao município de Charqueadas será uma das contribuições do presente projeto.

Palavras-chave: baixo custo, pluviômetro, Arduino, IoT

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, as grandes chuvas são um dos principais e mais perigosos desastres naturais. Esse fenômeno, além de causar perdas financeiras significativas – tanto pessoais, quanto relacionadas aos baixos lucros do comércio afetado – põe em risco a integridade física da população das áreas afetadas devido a inundações, deslizamento de encostas por excesso de água e acidentes [1] [2].

¹ IFSUL - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense - Câmpus Charqueadas - Brasil.

² IFSUL - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense - Câmpus Charqueadas - Brasil.

³ IFSUL - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense - Câmpus Charqueadas - Brasil.

No território nacional, por exemplo, ocorreu em 2011 o maior e mais catastrófico desastre natural causado por chuvas na história brasileira. As fortes chuvas, nesse ano, atingiram diversos estados do país, mas, principalmente, a região serrana do Rio de Janeiro. Durante o episódio, mais de 900 pessoas morreram e 300 mil pessoas foram atingidas [6].

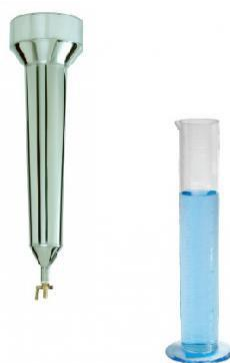
No contexto de gestão urbana, foi implantado, no Brasil, o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres, que visa a implementação de ações de prevenção e, quando necessário, a diminuição do tempo de resposta a ocorrências dessa natureza. Como parte das medidas adotadas por esse plano, o CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres)[3] elegeu um grupo de municípios, de acordo com o grau de prioridade, em que seriam geridos os riscos e a infraestrutura. Cada município deste grupo recebeu pluviômetros automáticos afim de monitorar o histórico da intensidade das chuvas em cada região. Esta medida permite que o monitoramento de índices pluviométricos seja feito em tempo real e de forma otimizada, uma vez que elimina a possibilidade de erro humano no momento da leitura do dado obtido em campo, aumentando, assim, a confiabilidade e acurácia dos dados, principalmente em situações de crise. Entretanto, essa iniciativa chega somente a 17,18% dos municípios da federação.

Um dos diversos fatores que resultam nesse número pouco expressivo e o custo elevado [7] desse tipo de equipamento no mercado. Torna-se, então, inviável a implementação do monitoramento automático em cidades de pequeno porte, cujas secretarias de defesa civil, muitas vezes, tem grandes limitações orçamentarias. Assim sendo, 4613 municípios brasileiros, de um total de 5570, ainda possuem monitoramento pluviométrico manual. Neste, e necessário que um profissional confira, em horários determinados e espaçados, os níveis de água atingidos na proveta graduada instalada em campo juntamente ao pluviômetro tradicional (Figura 1). Isto pode tornar os dados obtidos imprecisos e altamente sujeitos a erro.

Tendo em vista esse panorama, o presente trabalho propõe o projeto e desenvolvimento de um pluviômetro automatizado de baixo custo e de código aberto, utilizando os diversos artefatos tecnológicos e protocolos de comunicação ao que ascenderam com o paradigma de Internet das Coisas – *Internet of Things* (IoT).

Assim, pelo fato de apresentarmos uma proposta de solução de código aberto, torna-se possível a maior replicabilidade do sistema em outros municípios de pequeno porte, que também possuam restrições de recursos destinados a gestão urbana, mais especificamente a prevenção de desastres pluviométricos.

Figura 1. Pluviômetro Tradicional - Modelo Frances (Ville de Paris)



1.1 Objetivos

Objetivos Gerais: Objetiva-se produzir um dispositivo capaz de realizar leituras dos dados referentes a temperatura, umidade e índices de precipitação pluvial de forma precisa e constante, bem como a transmissão e publicação dos mesmos, através do protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)[4] – protocolo de mensagens assíncrono e leve, ideal para aplicações IoT que possuem limitações quanto a conectividade e restrições de hardware –, em formato de tópicos numa entidade central instalada em um servidor em nuvem (Broker MQTT). Uma vez publicados, esses dados estarão disponíveis para que outras aplicações os leiam remotamente e utilizem para os devidos fins de monitoramento e prevenção de desastres.

Objetivos Específicos: Este projeto possui os seguintes objetivos específicos:

- Instalar no Campus Charqueadas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSUL), em local aberto e com facilidade de conectividade e proximidade a rede elétrica, para experimentação, uma vez que se constatou que o município não possui estação automatizada de monitoramento de índices pluviométricos.
- Acondicionar os componentes eletrônicos em um case hermeticamente fechado a fim de proteger o equipamento das intempéries.
- Garantir a publicação dos dados adquiridos em um Broker MQTT para que possa ser utilizado por outros sistemas.
- Documentar a construção mecânica e eletrônica do projeto para que possa ser replicado por grupos de pesquisa e/ou equipes técnicas de outros municípios.
- Disponibilizar os arquivos do projetos em página específica para divulgação do projeto.

2. DESENVOLVIMENTO

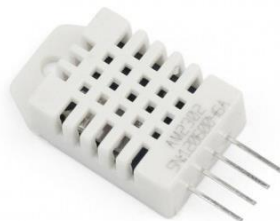
Considerando os requisitos estipulados para o presente projeto, escolheu-se utilizar, na implementação do protótipo e desenvolvimento do código de controle do pluviômetro, a plataforma de desenvolvimento ESP8266 [8] mostrada na Figura 2, placa está amplamente adotada pelo movimento *maker* devido ao seu baixo custo no mercado e a possibilidade de conexão com redes locais e *Internet*, o que possibilita sua utilização em aplicações voltadas a IoT. Além disso, apresenta a facilidade de poder ser programada dentro do Ambiente de Desenvolvimento Integrado da plataforma Arduino (outra plataforma bastante difundida na comunidade) o que permite a reuso de códigos e bibliotecas. Esta, juntamente com a compatibilidade da placa com os diversos protocolos existentes dentro de Internet das Coisas, a possibilidade de conexão com redes sem fio de internet e o baixo custo no mercado – entre R\$20 e R\$30 – torna atrativa a utilização da placa mencionada na execução do projeto.

Figura 2. Plataforma de Desenvolvimento - Esp8266



Adicionalmente, são utilizados sensores de temperatura e umidade (DHT22, mostrado na Figura 3) – que permite leituras de temperaturas de $-40^{\circ}C$ a $+80^{\circ}C$ com resolução de 0,1 e precisão de $\pm 0,5^{\circ}C$ e de leituras de umidade de 0% a 100% com a mesma resolução e precisão de $\pm 2\%$ – e um pluviômetro basculante (Figura 4) com capacidade de leitura de 0,25mm de precipitação a cada pulso. Ambos os componentes possuem custo adequado a proposta do projeto – em torno de R\$200, juntos.

Figura 3. Sensor de Temperatura e Umidade - DHT22



O desenvolvimento do protótipo foi dado de forma gradual: no primeiro momento, testou-se a conectividade Wifi da placa microcontroladora. Uma vez conhecidos e configurados os parâmetros de conexão, foi montado o circuito referente a implementação do sensor de temperatura e umidade. Os dados obtidos pelo sensor eram, então, exibidos na porta Serial da plataforma utilizada.

Figura 4. Pluviômetro Automático Basculante



A implementação do paradigma IoT, deu-se através da utilização do protocolo MQTT [4] para a transmissão dos dados mensurados. O MQTT é um protocolo de mensagens assíncrono, que possibilita que os sensores enviem as leituras e permitam que a rede descubra o caminho e a sincronização ideais para entregar aos dispositivos e serviços de destino [9], e leve, o que o torna ideal para a aplicação desejada, devido às restrições do *hardware*.

O protocolo utiliza o modelo de publicação e assinatura (*publish* e *subscribe*) para o envio e leitura de informações. Os dados referentes a temperatura, umidade e precipitação, por exemplo, são armazenados em tópicos e publicados num servidor *broker* em nuvem, este, por sua vez, é o responsável por rotear as informações recebidas de modo que os clientes possam assinar e ter acesso remoto aos dados dos tópicos enviados, bastando conhecer a identificação do tópico no servidor.

A primeira utilização do protocolo no contexto do projeto foi feita através de um *broker* gratuito e aberto para testes, disponibilizado pela Eclipse Foundation [10]. Nele, foi publicado os dados obtidos do sensor de temperatura e umidade. Para o acesso remoto a essas informações, foi instalado em um Smartphone um aplicativo próprio para comunicação com servidor Broker (MQTT - MQTT Tool)

– existem diversos aplicativos voltados para monitoramento *online* e remoto de aplicações em IoT, tanto para *smartphones*, quanto para *desktops*. Com isso, passando para o app apenas o nome dado ao tópico, definido na configuração do protocolo no código, foi possível acessar os dados obtidos em tempo real e remotamente.

Num segundo momento, já com o esquemático do circuito do protótipo definido (sensor, pluviômetro, microcontrolador e componentes de alimentação e proteção), foi necessário a confecção da PCI (Placa de Circuito Impresso) a ser utilizada no dispositivo final. Considerando as futuras manutenções e prezando a maior facilidade das mesmas, optou-se por implementar a maior modularidade possível. Foram confeccionadas, então, Placas de Circuito Impresso (PCI) individuais para a central de processamento (ESP8266), para o circuito de alimentação e proteção do pluviômetro, e para o sensor de temperatura e umidade. Ambas as placas serão armazenadas em uma caixa com tampa removível, para evitar que haja danos a integridade do circuito eletrônico e proteja-lo das intempéries.

O local escolhido para a instalação do pluviômetro, devido à proximidade da rede elétrica e facilidade de acesso à rede de Rede *Wi-Fi*, foi o Bloco 11 do IFSul Campus Charqueadas (bloco de pesquisa). Os dados obtidos pelo sistema de medição implantado ficarão disponíveis para acesso remoto dentro de um banco de dados desenvolvido paralelamente, em outro projeto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uma das principais preocupações durante o desenvolvimento do presente projeto foi obedecer a proposta de produzir uma solução de baixo custo para o problema especificado. Na Seção II foi dado o custo aproximado de cada componente utilizado durante a construção do protótipo. Somando-se os valores dados, temos um valor total, aproximado, de R\$230. Enquanto isso, uma solução utilizando sistemas computacionais automatizados – Valor estimado para o SACE [11], desenvolvido pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) - tem valor estimado de R\$50.000,00.

Com a implementação do pluviômetro automatizado nas dependências do IFSul Câmpus Charqueadas, espera-se obter dados relevantes e precisos referentes aos índices de precipitação, temperatura e umidade, que representem fidedignamente as ocorrências climáticas dessa parte da regi ao carbonífera. Objetiva-se, também, atingir um sistema plenamente funcional, que possa contribuir com a emissão de alertas que ajudem a aumentar a rapidez no tempo de resposta das autoridades em caso de situações de risco para a população da região.

Num plano mais abrangente, busca-se poder contribuir para a composição de um banco de dados mais detalhado à respeito das ocorrências climáticas da regi ao carbonífera, ajudando, assim, a estruturar um histórico mais completo e exato que possa servir de auxílio na tomada de decisão referente a prevenção de desastres naturais, por parte da defesa civil do município em questão. Um exemplo típico, seria a possibilidade de integração com o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID, desenvolvido pelo Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil da UFSC [5].

Até o momento, está instalado no IFSul Câmpus Charqueadas toda a estrutura necessária para o funcionamento da estação pretendida. O Pluviômetro encontra-se fixo em á rea aberta e sem interferências (Bloco 11), bem como todas as PCB's necessárias estão confeccionadas. Ainda não há,

entretanto, dados reais a serem mostrados, uma vez que não houve ocorrência de chuva desde que a implementação foi feita. Este período, então, está sendo utilizado para realizar melhorias no código de controle do dispositivo confeccionado.

O presente trabalho foi desenvolvido com o intuito de, além de disponibilizar as cidades de pequeno porte uma alternativa mais eficiente e de menor custo para o monitoramento de índices de precipitação pluvial e de explorar novas tecnologias como modo de inovação para solução de problemas urbanos, deixar como legado para a cidade de Charqueadas uma estação meteorológica que possa ajudar a reduzir os danos causados pelas fortes chuvas.

4. CONCLUSÃO

O trabalho aqui apresentado foi desenvolvido visando oferecer uma alternativa de baixo custo para o monitoramento dos índices de precipitação pluvial, tendo como principal público alvo as cidades de pequeno porte que, em geral, possuem restrições orçamentárias no que se diz respeito a gestão urbana, fazendo uso dos avanços tecnológicos disponíveis atualmente, bem como microcontrolador com módulo que possibilita conectividade com rede de internet sem fio, sensores com alta precisão e protocolo MQTT voltado a aplicações dentro do paradigma IoT.

Deve-se ressaltar que existem sistemas atualmente implementados no país, que se assemelham ao projeto aqui proposto. Porém, aqueles que possuem custo ligeiramente mais acessível, não oferecerem a precisão e acurácia que se pretende atingir com este projeto, uma vez que ainda contam com mão de obra humana pra aquisição e aferição dos dados obtidos em campo. Em contrapartida, as soluções que possuem maior exatidão na obtenção das informações, possuem custo extremamente elevado e são fechados, ou seja, os dados ficam em posse da empresa responsável pelo sistema, podendo ser acessados somente mediante plano de pagamento, o que torna proibitiva a aquisição por parte dos municípios aqui abordados.

A principal diferença e inovação proposta nesta solução e justamente a combinação das vantagens apresentadas nas soluções já existentes. O Pluviômetro Automatizado de Código Aberto e Baixo Custo visa difundir e tornar possível a implementação de estações meteorológicas que possuam alta precisão e exatidão ao nos dados obtidos com custo bem abaixo dos sistemas usuais.

A implementação do paradigma IoT, com o uso do protocolo MQTT nos permite os dados obtidos em campo sejam acessados remotamente por vários clientes, simultaneamente, o que não seria possível se fosse utilizado o protocolo HTTP, por exemplo, isso, juntamente com o fato de que o protocolo utilizado possui cabeçalho leve, o que acarreta numa necessidade de conectividade menos potente (barateando o custo de implementação), o torna uma boa escolha para a solução proposta.

Considera-se, então, atingido o objetivo de encontrar uma solução funcional e de valor adequado para o problema aqui inicialmente apresentado. Espera-se que, futuramente, haja a possibilidade de parceria com o órgão responsável pela gestão urbana do município de Charqueadas, de modo que a implementação feita possa ser utilizada, de fato, para possíveis melhorias no contexto de monitoramento e retenção de dados para histórico de dados.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Flavio E.A.Horita, "**Development of a spatial decision support system for Flood risk management in brazil that combines volunteered geographic information with wireless sensor networks.**" Tarrytown, NY, USA: Computers & Geosciences, 2015, vol. 80, pp. 84–94.
- [2] Z. WAN, "**A cloud-based global flood disaster community cyberinfrastructure: development and demonstration.**" Environmental Modelling Software, 2014, vol. 58, pp. 86–94.
- [3] MCTIC, "**Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais ligado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações,**" disponível em: <https://www.cemaden.gov.br/>. Acesso em: 16 de jun. 2019.
- [4] MQTT, "**Message Queuing Telemetry Transport,**" Disponível em: <http://mqtt.org/>. Acesso em: 16 jun. 2019.
- [5] C. UFSC, "**Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID,**" Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/>. Acesso em: 16 jun. 2019.
- [6] B. Mundial, "**Avaliação de perdas e danos: Inundações e deslizamentos na região serrana do rio de janeiro.**" Editora Executiva, 2012, vol. 1, pp. 13–16.
- [7] F. L. dos Santos, "**Solução de baixo custo para o monitoramento online de Índices pluviométricos,**" Ph.D. dissertation, Instituto Federal Sul-rio-grandense, Campus Charqueadas, 2019.
- [8] B. Benchoff, "**New Chip Alert: The ESP8266 Wifi Module (It's \$5),**" 2014, Disponível em: <https://hackaday.com/2014/08/26/new-chip-alertthe-esp8266-wifi-module-its-5/>. Acesso em: 16 jun. 2019.
- [9] M. Yuan, "**Conhecendo o MQTT - Por que o MQTT e um dos melhores protocolos de rede para a Internet das Coisas?**" 2017, Disponível em: <https://www.ibm.com>. Acesso em: 19 jun. 2019.
- [10] "**Open Source for IoT,**" Disponível em: <https://iot.eclipse.org/>. Acesso em: 19 jun. 2019.
- [11] "**Sistema de Alerta de Eventos Críticos,**" Disponível em: <https://www.cprm.gov.br/sace/>. Acesso em: 19 jun. 2019.