

Aplicação de Internet das Coisas para o Monitoramento e Controle de Qualidade de Vacinas

Henrique M. Miranda, Gledson S. Souza, Ruan D. Gomes, Paulo Ribeiro Lins Júnior e Moacy P. Silva

Resumo—O armazenamento é um dos componentes mais importantes da cadeia de distribuição de vacinas, principalmente pela sensibilidade delas a variações de temperatura, que podem ocasionar diminuição da sua eficácia. Considerando isso, existe uma necessidade de manter constante monitoramento dessa variável, afim de garantir que o produto final venha a manter suas característica originais e a eficiência esperada. Esse trabalho apresenta uma solução baseada em Internet das Coisas, usando comunicação sem fio de baixa potência, para monitorar a qualidade de vacinas, por meio das medidas de temperatura e umidade nos locais de armazenamento. Os dados coletados são organizados em um banco de dados, podendo ser acessados por sistemas decisórios afim de avaliar a qualidade da vacina antes de sua aplicação, evitando problemas em decorrência de problemas de armazenamento.

Palavras-Chave—Monitoramento, vacinas, IoT, LoRa.

I. INTRODUÇÃO

Vacinas tipicamente são armazenadas em refrigeradores encontrados em clínicas, hospitais ou postos de saúde, e necessitam de grande cuidado com relação à sua conservação. Temperaturas abaixo de 2°C ou acima de 8°C, bem como umidade abaixo de 5%, alteram a sua qualidade [2]. Dessa maneira, o monitoramento em tempo real desses dados é essencial para evitar a perda de efetividade das vacinas e tem na aplicação soluções baseadas em Internet das Coisa (IoT) uma alternativa para prover sensoriamento remoto dos locais de conservação de vacinas.

Atualmente, os registros associados as mais diversas tarefas e informações acerca de pacientes, em muitos hospitais e postos de saúde pelo Brasil, são realizadas manualmente, o que pode acarretar em imprecisões na catalogação dessas informações. Esse risco também inclui a informação acerca da qualidade das vacinas disponibilizadas nesses ambientes. Seja no transporte, seja no armazenamento, a falta de garantia na informação disponibilizada põe em risco a garantia de qualidade desses produtos, implicando em risco para a saúde dos usuários.

Nesse contexto, o sistema descrito neste artigo tem como objetivo monitorar continuamente os locais onde as vacinas são armazenadas, por meio dos nós finais que capturam as informações a partir de sensores e enviam para um *gateway*, utilizando tecnologia LoRa. Dessa forma, se em algum momento um conjunto de vacinas não está em boas condições de armazenamento, ou seja, está submetida a temperatura

Henrique e Gledson são alunos do IFPB, Campus Campina Grande. Ruan, Paulo e Moacy são professores da Coordenação de Informática do IFPB – Campina Grande. e-mails: henrique.miranda@academico.ifpb.edu.br, glegoogle84@gmail.com, ruan.gomes@ifpb.edu.br, paulo.lins@ifpb.edu.br, moacy.silva@ifpb.edu.br. Esse trabalho foi financiado pelo IFPB e pelo CNPq.

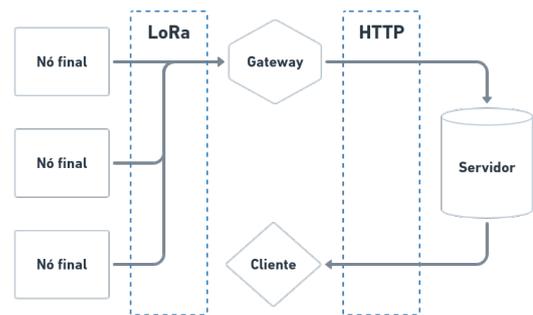


Fig. 1: Arquitetura geral do sistema.

e umidade fora dos padrões estabelecidos pela OMS, os responsáveis por ministrar a vacina aos usuários finais poderão avaliar, de forma mais realista, a qualidade do produto.

No entanto, a implementação desta aplicação requer cuidados especiais, visando confiabilidade e segurança no momento de envio e recepção dos pacotes de dados. Diversas variáveis podem impedir que o envio de informações seja realizado corretamente, como, por exemplo, ausência de alimentação dos nós sensores, desabilitando a aquisição e armazenamento dos dados.

II. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

Objetivando a garantia de disponibilidade do sistema, optou-se pelo uso de um sistema de comunicação sem fio de baixo consumo de energia, utilizando a tecnologia LoRa e o protocolo de comunicação LoRaWAN, que permite ao sistema comunicação de longo alcance com baixo consumo energético.

O sistema (Figura 1) é composto por nós finais, um *gateway* e um servidor, além de aplicações cliente, para acesso aos dados e recebimento das mensagens de alarme. As partes são detalhadas nas subseções a seguir.

Os nós finais são utilizados para obter dados coletados pelos sensores de temperatura e umidade e transmiti-los para um *gateway*, por meio de um transceptor LoRa [3]. O fator de espalhamento (SF) do LoRa, que vai de 6 até 12 [4], define a taxa de bits. Foi utilizado nos testes o SF igual a 7, que é o valor padrão da biblioteca usada [5]. As camadas superiores podem ser implementadas seguindo o padrão aberto LoRaWAN entre os nós finais e o *gateway*. O LoRa pode trabalhar, nas Américas, na faixa de 915 MHz [3].

Os nós finais utilizam o sensor DHT22 [7] para a captação dos dados dos ambientes de armazenagem, podendo medir temperaturas entre -40°C a 80°C, com precisão em torno de $\pm 0,5^\circ\text{C}$, e umidade de 0 a 100%, com precisão de 0,1%.



Fig. 2: Protótipos desenvolvidos para a realização dos testes.

O *gateway* é formado por um microcontrolador com uma interface LoRa e uma interface Wi-Fi, para comunicação com os nós finais e conexão com a Internet, respectivamente. Quando ativado, ele cria um *access point*, de modo que é possível se conectar para mudar as configurações de rede, se necessário, e tenta se conectar a uma rede Wi-Fi pré-configurada. Com êxito, ele recebe os dados dos nós finais, realiza a detecção de erros de formato no pacote, e transmite os dados para um servidor na nuvem. Essa transmissão para o servidor é realizada através de requisições HTTP.

O servidor é responsável por armazenar os dados dos usuários, como e-mail e senha, dados dos nós finais e do *gateway*, tais como identificadores e localização, além dos dados coletados pelos sensores, junto com os dados dos pacotes transmitidos pelos nós finais, como o RSSI, essencial para a realização dos testes, pois podemos analisar a qualidade dos enlaces de comunicação.

O cliente é um aplicativo para Android responsável por exibir os dados coletados pelos nós finais cadastrados entre outras funções.

III. AVALIAÇÃO DO SISTEMA

A Figura 2 mostra os protótipos desenvolvidos para testes iniciais com o sistema (nó final do lado esquerdo e *gateway* do lado direito). Após uma sessão de testes, foi possível avaliar no experimento a eficiência de transmissão e recepção de dados.

Os experimentos foram realizados no bloco dos professores do IFPB–Campus Campina Grande [1]. O *gateway* foi posicionado em um espaço, no térreo, enquanto que o transmissor foi posicionado em outro espaço, no sub-solo, distando aproximadamente 60 metros um do outro, e contando com vários obstáculos à comunicação, como paredes densas, laje, objetos metálicos e equipamentos eletrônicos.

de temperatura e umidade, que são grandezas que variam O gráfico na Figura 3 apresenta a Taxa de Entrega de Pacote (PDR) a cada hora, em um teste com duração de 24 horas, em que o nó final realizou envios contínuos de pacotes em intervalos de 5 minutos. A PDR geral foi de 78.82%, no entanto, em alguns momentos a PDR ficou em torno de 20%, o que pode ter sido ocasionado por modificações no perfil de multi-percurso do ambiente, obstáculos temporários ou presença de fontes de interferência. Considerando a taxa de transmissão de pacote utilizada, com PDR de 20% ainda é possível obter uma nova informação a cada 25 minutos, em média, o que é suficiente para a realização do monitoramento

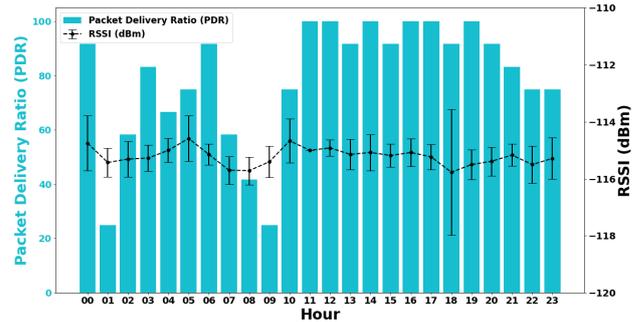


Fig. 3: Percentual em entrega dos pacotes em barras e indicador de intensidade do sinal recebido em linha.

lentamente. No entanto, os resultados ressaltam a importância de se desenvolver estratégias para aumento de confiabilidade na transmissão de pacotes de alerta. Pode-se empregar, por exemplo, estratégias de redundância, como replicação de pacote, diversidade de frequência ou de modulação. Essas possibilidades serão estudadas em trabalhos futuros.

A Figura 3 também mostra o RSSI médio e o desvio padrão. No protótipo foi utilizado um transceptor RF96, que pode operar com uma sensibilidade superior a -148dBm [5]. A potência utilizada na transmissão de dados foi de 17 dBm, que é a potência padrão utilizada na biblioteca do LoRa.

IV. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O presente artigo apresentou um sistema baseado em IoT para coletar e enviar informações sobre a temperatura e umidade de locais de armazenamento de vacinas. Protótipos foram desenvolvidos e testes iniciais de comunicação foram realizados. Futuramente será desenvolvido um protótipo com uma placa própria e exclusiva para esse projeto, deixando de lado a necessidade de usar uma Arduino acoplado, visando reduzir consumo de energia. Também serão estudadas estratégias para aumento de confiabilidade na transmissão de mensagens de emergência.

REFERÊNCIAS

- [1] Autoral. Repositorio do Github com os testes realizados. Disponível em: <https://github.com/GComPI-IFPB/lor-transmitter-test>. Acessado em 22 de maio, 2020.
- [2] Ministerio da Saude. Manual de Rede de Frio. Disponível em: http://bvsm.sau.de.gov.br/bvsm/publicacoes/manual_rede_frio4ed.pdf. Acessado em 13 de abril, 2020.
- [3] LoRa Alliance. Regional Parameters. Disponível em: https://lor-alliance.org/sites/default/files/2020-01/rp_2-1.0.0_final_release.pdf. Acessado em 15 de abril, 2020.
- [4] Semtech Corporation. Datasheet SX1276/77/78/79. Disponível em: <https://www.curtocircuito.com.br/datasheet/modulo/SX1276.pdf>. Acessado em 24 de abril, 2020.
- [5] Sandeep Mistry. Documentação da biblioteca LoRa utilizada para Arduino. Disponível em: <https://github.com/sandeepmistry/arduino-LoRa>. Acessado em 11 de maio, 2020.
- [6] Universidade Estadual Paulista. Técnicas de Múltiplo Acesso para Redes LORAWAN. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/156791/000902295.pdf>. Acessado em 11 de maio, 2020.
- [7] Thomas Liu. Datasheet DHT22. Disponível em: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132459/ETC2/DHT22.html>. Acessado em 18 de maio de 2020.