

Avaliação do LoRaWAN para Campus Inteligente

Dimitri Leandro de Oliveira Silva, Jeferson R. Cotrim e João Henrique Kleinschmidt

Resumo—O presente trabalho avaliou o desempenho de uma rede LoRaWAN na conjuntura de Internet das Coisas para um Campus Inteligente. Os testes foram realizados no campus Santo André da Universidade Federal do ABC, onde foram aferidas a taxa de perda de pacotes, a potência do sinal e configurações de transmissão. Os resultados obtidos mostraram que, apesar de ser uma solução para longas distâncias, o LoRaWAN também pode ser utilizado em aplicações de curtas distâncias, com a vantagem de utilizar uma infraestrutura mais simples em relação à tecnologias mais comuns para esse propósito.

Palavras-Chave—LoRaWAN, Campus Inteligente, Internet das Coisas.

Abstract—The present work evaluated the performance of a LoRaWAN network under a Internet of Things environment for an Smart Campus. The tests were performed at Santo André campus of Federal University of ABC and measured packet delivery rate, signal strength and transmission configurations. The results show that, although it is a solution for long distances, LoRaWAN can also be used in short distance applications, with the advantage of using a simpler infrastructure compared to the most common technologies for this purpose.

Keywords—LoRaWAN, Smart Building, Internet of Things.

I. INTRODUÇÃO

As redes LPWAN (*Low Power Wide Area Network*) desempenham um papel fundamental no desenvolvimento de aplicações em Internet das Coisas (*Internet of Things, IoT*), provendo conexão de longa distâncias para dispositivos que apresentam restrições de *hardware* e energia. Uma das mais relevantes tecnologias em LPWAN é o LoRaWAN, principalmente por ser um protocolo de comunicação aberto [1][2].

O LoRaWAN é um protocolo de comunicação desenvolvido pela *LoRa Alliance*TM para atender as demandas das redes LPWAN, ou seja, ter uma grande área de cobertura e consumir pouca energia [3]. Para isto, o LoRaWAN utiliza a modulação LoRa na camada física, desenvolvida pela SemTech, no espectro de frequências sub-GHz. Esse método de modulação é uma adaptação da técnica CSS (*Chirped Spread Spectrum*). A utilização da modulação CSS permite que diversas transmissões ocorram ao mesmo tempo, dado que cada dispositivo utiliza um fator de espalhamento espectral, que por definição são ortogonais entre si.

Assim como as demais redes LPWAN, o LoRaWAN também utiliza uma topologia em estrela, evitando, assim, a utilização de protocolos de roteamento e múltiplos saltos. A topologia de uma rede LoRaWAN é composta por três elementos [1]: o *end-device*, que é responsável pela geração de pacotes LoRaWAN com dados oriundos dos objetos em uma

rede; o *gateway*, que faz a interface entre a rede LoRaWAN e outras redes; e o Servidor, que se subdivide em três elementos, um servidor de rede que gerencia funções relacionadas ao LoRa, um servidor de aplicação para gerenciar as aplicações associadas a uma rede e o servidor de ingresso que é responsável pela autenticação dos *end-devices*.

O LoRaWAN utiliza frequências não licenciadas na faixa sub-GHz para efetuar as transmissões e, por conta disto, existem limitações para o uso do espectro, que incluem *duty cycle* e também variações das características de transmissão. No que diz respeito as características de transmissão, o LoRaWAN pode variar a largura de banda (125, 250 ou 500 KHz), o fator de espalhamento espectral (7 a 12) e a taxa de codificação dos dados. Porém, como mencionado, devido a limitações legais definidas por cada região, nem todas as combinações desses fatores são permitidas. As combinações permitidas receberam o nome de *Data Rate (DR)*. Neste trabalho, o DR varia de 0 (125KHz e SF 12) à 5 (125KHz e SF 7). A utilização de DRs para definir características de transmissão permite que o LoRaWAN utilize um sistema chamado *Adaptive Data Rate (ADR)* em que o servidor de rede avalia a qualidade do dado recebido, e então, se necessário, solicita a alteração do DR ao *end-device*. Por especificação a alteração do DR ocorre somente quando o servidor de rede identifica uma melhora na qualidade de transmissão, nunca o inverso. Dessa forma, o *end-device* diminui a potência de transmissão e o SF utilizado.

O trabalho objetivou avaliar o desempenho do protocolo LoRaWAN para aplicações *indoor* em edifícios inteligentes, dado que, até o presente momento, os trabalhos mais semelhantes focam em aplicações apenas para cidades inteligentes, como em [4] e [5]. O trabalho está organizado como segue: a Sessão II apresenta o cenário de teste e os procedimentos necessários para aquisição de dados, além dos materiais utilizados; a Sessão III apresenta e discute os resultados; por fim, na Sessão IV são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

II. METODOLOGIA

No contexto apresentado, construiu-se uma rede na Universidade Federal do ABC (UFABC), composta por um *gateway* (RAK831 e *Raspberry Pi*), um *end-device* (*Shield Dragino* e *Arduino UNO*) operando na frequência de 915 MHz, e um servidor LoRaWAN (*loraserver.io* [6]).

As posições escolhidas para alocação do *end-device* foram determinadas por testes preliminares, onde foram identificados pontos de sombra e degradação do sinal. A Tabela I resume a localização do dispositivo em cada aquisição de dados e a distância até o *gateway*.

Além da distância, ainda é necessário ressaltar que as aquisições foram realizadas no interior dos prédios a fim de que as paredes constituíssem um novo obstáculo para o sinal, bem como a diferença de andares entre as edificações.

Dimitri L. O. Silva, Av. dos Estados, 5001, Santo André - SP, e-mail: dimitri.leandro@aluno.ufabc.edu.br; Jeferson R. Cotrim, Av. dos Estados, 5001, Santo André - SP, e-mail: jeferson.cotrim@ufabc.edu.br João Henrique Kleinschmidt, Av. dos Estados, 5001, Santo André - SP, e-mail: joao.kleinschmidt@ufabc.edu.br .

Posição	Local	Distância [m]
Gateway	Oitavo andar da Torre 1 - Bloco A	0
1	Terceiro andar da Torre 2 - Bloco A	55
2	Térreo da Torre 3 - Bloco A	135
3	Biblioteca	70
4	Quinto andar - Bloco B	160
5	Quarto andar - Bloco L	130

TABELA I
LOCAIS E DISTÂNCIAS ATÉ O GATEWAY.

Os testes consistiram no envio de cem mensagem pelo *end-device* em cada uma das cinco posições. Com base nas mensagens que chegaram ao servidor de rede, foi possível calcular a taxa de perda de pacotes, o RSSI e verificar o funcionamento do ADR.

III. RESULTADOS

O gráfico da Figura 1 mostra o PDR (*Packet Delivery Rate*) para cada local indicado anteriormente. Percebe-se que, mesmo não sendo a posição mais distante do *gateway*, quase metade dos pacotes na posição 5 foram perdidos. Além disso, a posição 2 obteve a taxa de 100% nessa métrica, ainda que seja a segunda posição mais distante. Essas observações revelam que há outros empecilhos para o sinal além da distância, tais como o concreto da estrutura dos prédios e outras ondas eletromagnéticas presentes no meio.

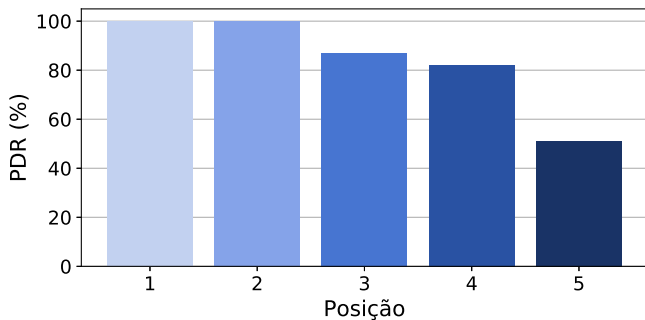


Fig. 1. *Packet Delivery Ratio* para cada local de medição.

Já a Figura 2 exibe a evolução do *Data Rate* em cada posição, evidenciando a atuação do ADR. Além disso, são apresentados os RSSIs médios em cada local para cada *Data Rate* com seus respectivos desvios padrão. A atenção do leitor deve ser voltada ao fato de que alguns *DRs* foram acionados somente uma vez durante todo o processo, o que explica os pontos sem barra de desvio padrão.

Como esperado [1], em cada local, o dispositivo iniciou a transmissão utilizando DR 0, ou seja, SF 12, BW 500 kHz e máxima potência permitida, de modo a tentar garantir que os dados chegassem ao *Gateway*. Observando as posições 1, 2 e 3, é possível notar que o *End-Device* possuía uma melhor capacidade de transmissão. Dessa forma, utilizando o ADR, o servidor de rede solicitou que o *End-Device* alterasse seu DR para valores mais altos.

Ainda é possível relacionar os dois gráficos ao notar que as posições com o pior desempenho no PDR (4 e 5) foram

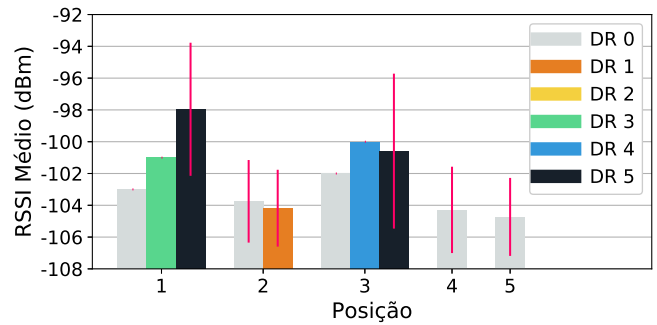


Fig. 2. Progresso do DR do dispositivo em cada local e RSSI médio.

as únicas que não obtiveram alteração do *Data Rate* durante a aquisição. Essa condição explica-se pelo baixo valor de potência de recepção desses dois locais. Ademais, as outras posições não demoraram a se estabelecer na potência de transmissão mínima (DR 5). É importante notar também que, uma vez alcançado o DR 5, independentemente das variações de RSSI, o *end-device* manteve essa configuração.

IV. CONCLUSÕES

O trabalho avaliou o desempenho de uma rede LoRaWAN instalada dentro do campus universitário da UFABC - Santo André, buscando analisar a aplicabilidade e relevância desse tipo de rede no cenário da Internet das Coisas. Nessa avaliação, foi possível aferir a taxa de perda de pacotes e a potência do sinal de um *end-device* em algumas posições do local.

Os resultados obtidos mostram que o LoRaWAN é uma opção válida para aplicações de Edifícios Inteligentes, mesmo não sendo um protocolo projetado para aplicações *indoor*. Além de ter apresentado baixa taxa de perda de pacotes, o LoRaWAN exigiu uma infraestrutura muito mais simples que outros tipos tradicionais de rede.

As próximas etapas deste trabalho consistem em montar uma rede mais complexa, com mais *end-devices* e com coleta de dados por um período de tempo maior, a fim de mostrar uma aplicação completa e verificar a eficiência da rede.

REFERÊNCIAS

- [1] LoRa Alliance, "LoRaWAN™ 1.1 Specification," *LoRaWAN™ 1.1 Specification*, no. 2017, p. 97331, 2017.
- [2] K. E. Nolan, W. Guibene, and M. Y. Kelly, "An evaluation of low power wide area network technologies for the Internet of Things," in *2016 International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)*. IEEE, sep 2016, pp. 439–444.
- [3] L. Vangelista, A. Zanella, and M. Zorzi, "Long-Range IoT Technologies: The Dawn of LoRa™," in *Future Access Enablers for Ubiquitous and Intelligent Infrastructures*, ser. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, V. Atanasovski and A. Leon-Garcia, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2015, vol. 159, pp. 51–58.
- [4] G. Pasolini, C. Buratti, L. Feltrin, F. Zabini, C. De Castro, R. Verdone, and O. Andrisano, "Smart City Pilot Projects Using LoRa and IEEE802.15.4 Technologies," *Sensors*, vol. 18, no. 4, p. 1118, apr 2018.
- [5] H.-C. Lee and K.-H. Ke, "Monitoring of Large-Area IoT Sensors Using a LoRa Wireless Mesh Network System: Design and Evaluation," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, pp. 1–11, 2018.
- [6] "LoRa Server," acesso: 22-05-2019. [Online]. Available: <https://github.com/brocaar/loraserver>