

Análise de Desempenho da tecnologia LoRa via simulador NS-3 em um cenário de irrigação agrícola

Bruno Ricardo Queté e Carlos Alberto Kamienski

*Pós-Graduação em Engenharia da Informação, Universidade Federal do ABC.
bruno.quete@ufabc.edu.br e carlos.kamienski@ufabc.edu.br*

Abstract: O avanço continuado da Internet das Coisas (IoT) trouxe a necessidade de requisitos para aplicações como: longo alcance, baixo consumo de energia e durabilidade de baterias. As redes LPWAN (Rede de longo alcance e baixa potência) suprem essas necessidades e entre as tecnologias envolvidas está LoRaWAN. Este artigo realiza um estudo de avaliação de desempenho de LoRaWAN em um ambiente agrícola, buscando compreender suas características e capacidade de uso. A avaliação, baseada no simulador NS-3, mostra o impacto de diferentes experimentos onde é variado o número de dispositivos finais e a sua distância para o gateway. A análise apontou um decréscimo da taxa de entrega de pacotes com o aumento dos dispositivos finais e a distância empregada. A inclusão de outros fatores está prevista como continuidade deste trabalho.

1. Introdução

Com o crescimento contínuo da Internet das Coisas (IoT), o surgimento de aplicações que necessitam de requisitos como: baixa taxa de transferência, longo alcance, baixo atraso e baixo consumo de energia. As redes *Machine to machine* (M2M) [1] não suprem essas necessidades totalmente de modo que foram introduzidas as redes de baixa potência (LPWAN) como um conjunto de novas tecnologias adequadas para IoT.

A tecnologia LoRaWAN opera em faixas de frequência não licenciadas, onde no Brasil essa frequência é de 915MHz, dentro da faixa de frequência não licenciada de 902 a 907,5 e 915 a 928 MHz, destinada para aplicações industriais, científicas e médicas (ISM). A principal vantagem de utilizar uma faixa de frequência não licenciada é a redução de custos de implantação, permitindo que qualquer um possa fazê-lo, e não apenas empresas com concessão pública, como no caso das operadoras de serviços de telecomunicações. Por outro lado, esta também é a sua principal desvantagem, porque fica sujeita à interferência de outros sinais [2]. Para trabalhar neste ambiente de alta probabilidade de interferência, a tecnologia de comunicação sem fio LoRaWAN adota dois mecanismos para reduzir a taxa de pacotes perdidos ou *Packet Error Rate* (PER). O primeiro mecanismo é a técnica de modulação conhecida como *Chirp Spread Spectrum* (CSS), que codifica o dado a ser enviado e o divide em vários pedaços que são transmitidos separadamente por todo espectro de frequência da largura de banda disponível. Por isso há dois importantes parâmetros dentro das configurações do LoRaWAN, que são a largura de banda (ou *bandwidth* - BW), que diminui a PER quanto menor for o BW, e o fator de espalhamento (ou *Spreading factor* - SF), que diminui a PER quanto maior for o SF [3,4]. LoRaWAN [5] define um método de acesso ao canal de rádio semelhante a ALOHA: um dispositivo acorda e envia um pacote para a estação base (Gateway na terminologia LoRa). Finalmente, o NS-3 (Network Simulator 3) é um simulador de rede de código aberto direcionado para pesquisa e uso educacional [6], que oferece suporte a diversas tecnologias como Wi-Fi, LTE, 802.15.4 e outras redes. O módulo da tecnologia LoRaWAN para NS-3 desenvolvido por [7] permite a implementação de redes LoRaWAN com um número variável de dispositivos finais, gateways, diferentes tipos e padrões de tráfego, diferentes taxas de dados, permitindo estudar o impacto em diferentes tipos de cenários. O módulo também fornece uma gama de testes e exemplos de complexidade variada. A avaliação da tecnologia LoRaWAN é realizada no piloto MATOPIBA do projeto SWAMP¹.

Este artigo visa responder questões como o impacto dos parâmetros de rede em redes LoRaWAN, e o efeito do aumento da densidade de dispositivos finais no desempenho da rede.

¹ swamp-project.org

2. O Projeto SWAMP

O projeto SWAMP (Smart Water Management Platform – Plataforma de Gerenciamento Inteligente de Água) [8,9] é uma colaboração entre instituições e empresas do Brasil e da Europa que visa desenvolver métodos e abordagens baseados em IoT para a irrigação de precisão na agricultura. O projeto prevê experimentos em dois pilotos no Brasil, em Bahia e São Paulo, e dois na Europa, na Itália e na Espanha: Piloto CBEC (Bolonha/Itália): o principal objetivo do piloto do Consorzio di Bonifica Emilia Centrale (CBEC) é otimizar a distribuição de água para as propriedades associadas. Atualmente a maior parte da água retirada dos rios não é utilizada adequadamente.

1. Piloto Intercrop (Cartagena/Espanha): a Intercrop produz hortaliças no sul da Espanha e enfrenta os desafios de produzir alimentos numa região semiárida. O principal objetivo é fazer o uso eficiente da água.
2. Piloto Guaspari (Espírito Santo do Pinhal / Brasil): a vinícola Guaspari utiliza tecnologia avançada para produzir vinhos de alta qualidade. O principal objetivo é aumentar a qualidade do vinho produzido.
3. Piloto MATOPIBA (Luís Eduardo Magalhães / Brasil): a Fazenda Rio das Pedras localiza-se na região do MATOPIBA. Neste piloto principal objetivo é diminuir o consumo de energia.

O objetivo é compreender os tipos de solo e suas variações e monitorar parâmetros do solo (umidade, temperatura), condições do tempo (temperatura, vento), e evolução do estado das culturas (cobertura vegetal), aliando com dados de previsão meteorológicas, para gerar mapas de prescrição de irrigação individualizado para talhões (áreas cultivadas) e zonas de manejo (subdivisões dos talhões). Os quatro pilotos em regiões, climas e culturas diferentes são essenciais para garantir que os componentes tecnológicos são suficientemente flexíveis para se adaptar e serem replicados em diferentes contextos.

3. Proposta

A proposta consiste em avaliar o desempenho da tecnologia LoRaWAN em um ambiente agrícola e para tal, utilizou-se como cenário a fazenda localizada em MATOPIBA para realização dos experimentos. Este cenário é um dos pilotos do Projeto SWAMP o qual tem como premissa otimizar o uso da água, reduzir o consumo de energia e melhorar a qualidade das culturas através de tecnologias de IoT.

Na fazenda, verificou-se a utilização de seis talhões para realização dos experimentos, onde cada talhão representa uma área circular irrigada por um sistema de pivô central. Existem outros talhões, porém a distância é semelhante a algum dos que foram escolhidos para a simulação. Foram verificadas as distâncias para execução dos experimentos no simulador. Cada talhão simulado utilizou como referências as distâncias reais providas pelo Google Maps, conforme tabela 1.

Tabela 1- Distância dos talhões em relação ao gateway

Talhão	1	2	3	4	5	6
Distância (m)	1240	2200	2370	3400	4230	4930

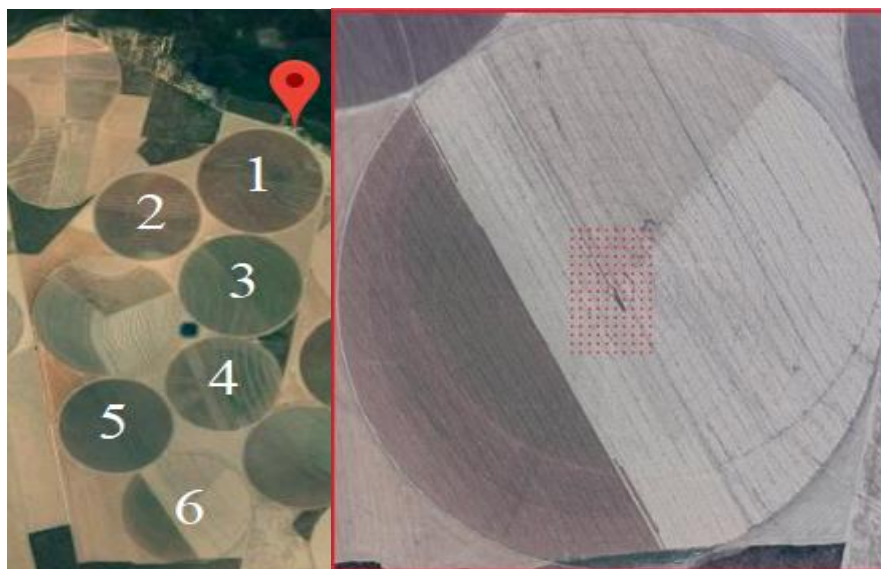


Fig. 1 – Localização de cada talhão na fazenda e dos dispositivos finais em relação aos Talhões.

Os dispositivos finais foram configurados para estarem ao redor do ponto central de cada talhão. Cada sensor está disposto a 15m de distância em relação aos demais. A figura 1 indica o posicionamento dos dispositivos em relação ao talhão, com 150 sensores.

4. Avaliação de Desempenho

A análise de desempenho proposta utilizou um módulo desenvolvido para o NS-3 para realização dos experimentos. Foram efetuadas 30 repetições com duração de 10 min. para cada experimento com nível de confiança de 95%. O intervalo de confiança não está indicado na Fig. 2. devido ao seu valor ter sido pouco relevante ao resultado final.

As simulações consistem em um gateway, localizado na sede da fazenda, conforme fig.1 e um número variável de dispositivos finais (1,10,50,100 e 150 sensores) para cada talhão. Tanto o gateway como os dispositivos finais são configurados para utilizarem o mesmo canal LoRaWAN de 125 KHz.

Uma questão crucial foi como realizar a atribuição do fator de espalhamento (SF) para os dispositivos finais visto que eles estabelecem grande influencia nas taxas de entrega de pacotes. Um SF muito baixo pode ocasionar erros de recepção devido a baixo SNR (relação sinal-ruído). O oposto, ou seja, um SF muito alto pode ocasionar uso ineficiente do tempo de ar.

A avaliação de desempenho proposta utilizou uma atribuição fixa, ou seja, o mesmo fator de espalhamento (SF=7) para os dispositivos finais.

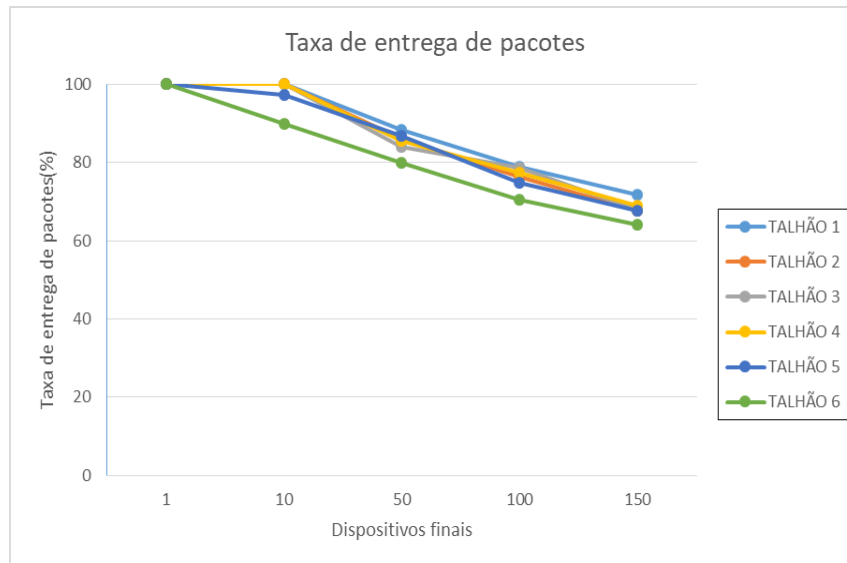


Fig. 2 – Taxa de entrega de pacotes em relação ao nº de dispositivos finais.

A análise demonstrou o impacto do número de dispositivos finais com relação à distância de cada talhão. O resultado demonstra a maior perda ocasionada no talhão seis (o mais distante em relação ao gateway). O fator de espalhamento utilizado pode explicar a grande taxa de perda (36%) com 150 dispositivos a uma distância observada de pouco mais de 4 km.

4. Conclusão

Neste artigo é apresentado um modelo para simulação de um ambiente agrícola utilizando o simulador NS-3. A utilização do simulador serve como parâmetro para a comparação e aplicação em cenários reais, indicando a viabilidade ou não da utilização da tecnologia LoRa. Os resultados mostram a efetividade na utilização da tecnologia e espera contribuir com futuras pesquisas que utilizem tal simulador. Como continuidade deste trabalho, serão incluídos parâmetros como comparação com diferentes valores do fator de espalhamento bem como a verificação do atraso dos pacotes enviados pelos dispositivos finais ao gateway.

5. Referências

- [1] D. Magrin, M. Centenaro, and L. Vangelista, "Performance Evaluation of LoRa Networks in a Smart City Scenario," 2017.
- [2] B. Reynders, W. Meert, and S. Pollin, "Range and coexistence analysis of long range unlicensed communication," 2016 23rd Int. Conf. Telecommun. ICT 2016, no. c, 2016.
- [3] E. D. Ayele, C. Hakkenberg, J. P. Meijers, K. Zhang, N. Meratnia, and P. J. M. Havinga, "Performance Analysis of LoRa Radio for an Indoor IoT Applications," 2017.
- [4] B. Reynders and S. Pollin, "Chirp spread spectrum as a modulation technique for long range communication," 2016 IEEE Symp. Commun. Veh. Technol. Benelux, SCVT 2016, no. 2, pp. 0–4, 2016.
- [5] N. Sornin, M. Luis, T. Eirich, T. Kramp, and O. Hersent, "LoRaWAN Specification v1.0.2," 2016. [Online]. Available: <https://www.loraalliance.org/portals/0/specs/>
- [6] Riley GF, Henderson TR. O ns-3 Network Simulator. In: Wehrle K., Güneş M., J. Gross (eds) Modelagem e Ferramentas para Simulação de Rede. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010
- [7] F. Van, Den Abeele, J. Haxhibeqiri, I. Moerman, J. Hoebeke, "Scalability Analysis of Large-Scale LoRaWAN Networks in ns-3", *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 4, no. 6, pp. 2186-2198, Dec. 2017.
- [8] Kamienski, C., Soininen, J.P., Taumberger, M., Fernandes, S., Toscano, A., Salmon, T., Filev, R. Torre, A., "SWAMP: an IoT-based Smart Water Management Platform for Precision Irrigation in Agriculture", Global IoT Summit 2018 (GIoTS'18), June 2018
- [9] Kamienski, C. & Visoli, M., "SWAMP: uma Plataforma para Irrigação de Precisão baseada na Internet das Coisas", aceito para Revista Fonte (PRODEMGE), Dezembro de 2018.