

Dispositivos de comunicação em ambientes arborizados utilizando LoRa

Mr. Gabriel Oliveira Machado

Faculdade de Engenharia da Computação - FEC
UNIFESSPA
Marabá, Brasil
gabrielmac@unifesspa.edu.br

Mr. Athos Lima Alcântara

Faculdade de Engenharia da Computação - FEC
UNIFESSPA
Marabá, Brasil
athoskenew@unifesspa.edu.br

Mr. Leyrisvan da Costa Nascimento

Faculdade de Engenharia da Computação - FEC
UNIFESSPA
Marabá, Brasil
leyrisvan@unifesspa.edu.br

Dr. Diego Kasuo Nakata da Silva

Faculdade de Engenharia da Computação - FEC
UNIFESSPA
Marabá, Brasil
diegokasuo@gmail.com

Dra. Leslye Estefania Castro Eras

Faculdade de Engenharia da Computação - FEC
UNIFESSPA
Marabá, Brasil
lecastro@unifesspa.edu.br

Resumo— Este artigo mostra uma aplicação de comunicação para ambientes arborizados, caracterizados por atenuar significativamente o sinal. A aplicação envia mensagens para um receptor usando a tecnologia LoRa, visando a necessidade de sistemas de comunicação, especialmente em lugares afastados como fazendas e sítios que cercam significativamente a cidade de Marabá. Este é um primeiro protótipo testado em ambiente arborizado no campus II da Unifesspa. Ao realizar os testes foi observada a atenuação e espalhamento causado pela floresta dentro do campus, assim como também o bom desempenho dos dispositivos em diferentes distâncias ao enviar as mensagens. Para medir a atenuação causada pelas árvores e construções foi medido o RSSI em 155 pontos e a recepção de mensagens foi verificada no LCD em 5 pontos específicos da rota de medição, sendo que quando o RSSI é de -120 dBm o sinal começa ficar instável na recepção.

Palavras chaves— *LoRa, Transmissor, Receptor, Dados, LCD, Mensagens, RSSI.*

I. INTRODUÇÃO

Este artigo tem a finalidade de demonstrar com aspectos de clareza os dados testados e obtidos durante a realização do projeto de comunicação utilizando o módulo LoRa RFM 95 (Long Range). A seguir, serão demonstrados os objetos utilizados para este estudo, bem como todos os componentes, conexões e formas de montagem do hardware. Para este projeto, tem-se como objetivo avaliar a utilização do LoRa para envio de mensagens em um ambiente arborizado e com construções de médio porte. Para isso, o transmissor será colocado em um

local fixo, e para a recepção será usado um Arduino, notebook, o LoRa receptor e um LCD a para exibir a mensagem recebida. A configuração dos módulos de LoRa segue as especificações do datasheet [1], os materiais foram utilizados do laboratório de comunicações da UNIFESSPA. Adicionalmente será medido o valor de RSSI, para avaliar até que nível de sinal são recebidas as mensagens.

A tecnologia LoRa apresenta algumas vantagens como: o envio de sinais a longas distâncias, estabilidade e baixo custo energético [2], demonstrando grande potencial para interações entre áreas de grande espaço geográfico, tendo transmissões equivalentes a outras redes sem fio, e pode ser usado para aplicações de redes de sensores como mencionado em [3]. Assim, com um estudo territorial e mapeamento do local onde o sistema será implantado dentro das áreas rurais de Marabá, é possível acrescentar sensores e dispositivos para uma comunicação de baixo custo monetário e energético, que são um dos principais empecilhos quanto a implementação de sistemas inteligentes para Internet das Coisas [4]. Vale ressaltar que estudos acerca de LoRa em diferentes regiões e localidades estão em pleno desenvolvimento [5]. Conhecendo as variações de implementação de dispositivos que utilizam a tecnologia ao redor de ambientes com diferentes obstáculos, é possível entender os diferentes fenômenos envolvidos que podem afetar a transmissão de informações, sendo útil para o desenvolvimento pleno da tecnologia.

Este artigo está dividido em cinco seções. Na seção II estão descritos os objetivos da aplicação. Na seção III é descrita a

metodologia com os circuitos usados. Na seção IV são apresentados os resultados dos testes do sistema de comunicação e, na seção V, são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

II. OBJETIVOS

Este trabalho tem os seguintes objetivos:

Utilizar a biblioteca LoRa para configurar os módulos de Arduino conectados aos módulos LoRa RFM95, para transmitir mensagens e medir o nível de RSSI em distâncias variadas. Também avaliar as perdas de dados num cenário arborizado e analisar possíveis soluções, para melhorar a transmissão no caso de grandes atenuações.

Encontrar o melhor custo-benefício que trará vantagem comercial para os utilizadores da solução criada, sendo assim, será possível avaliar de maneira mensurável as taxas de custo e lucro obtidos, além da eficiência das tecnologias propostas.

Considerando que os estudos a respeito do LoRa para utilização em áreas de agricultura e pecuária estão em estágio inicial [6], os resultados do funcionamento do sistema de envio de mensagens usando LoRa serão comentados, bem como os dados da distância percorrida para teste do dispositivo e falhas durante a conexão.

III. METODOLOGIA

O primeiro passo do projeto, constituiu-se da especificação da aplicação desejada, bem como os equipamentos que seriam necessários para o mesmo e tempo necessário para realização e montagem da parte lógica (software). Nesta etapa, foi decidido que a aplicação trataria de sistema de envio e recepção de mensagens usando a tecnologia LoRa, utilizando os protocolos LoRaWAN para longas distâncias em ambiente arborizado, levando algumas vantagens em relação a redes Wi-Fi por conta do longo alcance, estabilidade e baixo custo [1][2]. Foi realizada a montagem do hardware da aplicação mostrados nas Figuras 1 e 2, bem como cálculos de custo de equipamento, montagem e criação, alcançando assim, um protótipo para enviar mensagens em ambientes arborizados e com construções, detalhados nas Tabelas I, II, III e IV.

Um dos pontos mais importantes a respeito do LoRa é o seu baixo custo energético e baixo valor aquisitivo. Módulos LoRa podem ser encontrados facilmente para venda na internet por preços a partir de R\$50,00, segundo preços comerciais atuais [10]. Os preços dos principais equipamentos adquiridos estão na Tabela I

TABELA I. PREÇOS DOS EQUIPAMENTOS

Equipamentos para o protótipo de sistema de comunicação	Preço
Arduino UNO	R\$ 130,00
LoRa RFM 95	R\$ 65,00
Display LCD	R\$ 27,00
Total do projeto	R\$ 222,00

Outro ponto importante a ser tratado para criação deste projeto foi a respeito de qual módulo LoRa seria utilizado, alguns destes foram disponibilizados no laboratório para a aplicação, mas o módulo escolhido foi o LoRa RFM 95. Dentre as especificações deste modelo, tem-se como característica o envio de sinais com 19.95 mW de potência (13 dBm), alimentação de 3.3 V, funcionamento em bandas baixas de 169 MHz e 422 MHz, para bandas altas de 868 MHz e 915 MHz, largura de banda de 125 kHz e a variação de sinal entre -127 dBm e 0 dBm de RSSI. Toda a medição de RSSI durante o projeto foi feita com base em cálculos bem estabelecidos [9]. Na montagem do hardware criado para este projeto, foram utilizados os equipamentos mencionados na Tabela II.

TABELA II. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA MONTAGEM DO LORA

Equipamentos para montagem do LoRa	Quantidade
Arduino UNO	2x
LoRa RFM 95	2x
Antena LoRa RFM 95	2x
Led Vermelho	1x
Led Amarelo	1x
Display LCD 16x2	1x
Potenciômetro	1x

TABELA III. EQUIPAMENTOS GERAIS UTILIZADOS DURANTE O PROJETO

Equipamentos Gerais	Quantidade
Fios Jumpers	Vários
Multímetro Digital	1x
Placa Protoboard	2x

TABELA IV. EQUIPAMENTOS AUXILIARES UTILIZADOS DURANTE O PROJETO

Equipamentos Auxiliares	Quantidade
Computador de mesa	1x
Notebook	1x

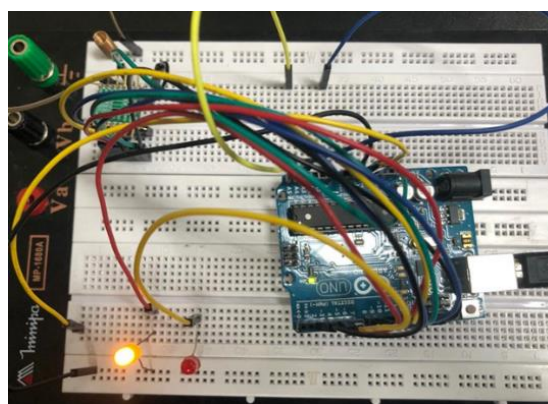


Figura 01. Circuito do LoRa transmissor.

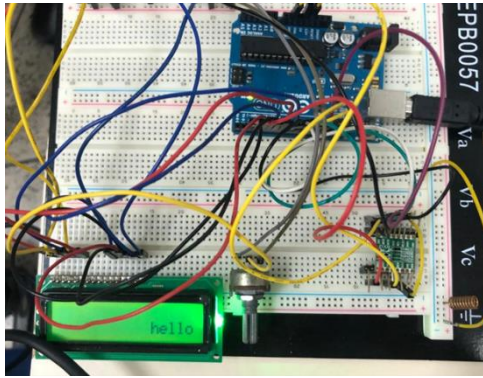


Figura 02. Circuito do LoRa receptor.

IV. RESULTADOS

Para apresentar os resultados foram desenvolvidas duas etapas: sendo a primeira o teste dos níveis de RSSI entre o transmissor e receptor, e a segunda o teste de envio de mensagens em 8 distâncias diferentes com obstáculos que são principalmente árvores e construções dentro do Campus II da Unifesspa. Estes resultados são detalhados a seguir:

A. Nível de RSSI

Para o nível do RSSI foi primeiro feito o teste com as antenas em linha de visada direta. O valor medido foi comparado com o resultado da equação de Fris [12] para perda de percurso no espaço livre, a uma distância de 1 m o RSSI medido foi de -19 dBm e perda de 31 dB. Portanto, os dados medidos e calculados tiveram concordância. Os parâmetros de configuração para avaliar a propagação do sinal do LoRa estão detalhados na Tabela V.

TABELA V. PARÂMETROS DE CONFIGURAÇÃO DOS MÓDULOS LORA

Parâmetro	Valor
Frequência de Operação	915 MHz
Spreading Factor (SF)	7
Potência de Transmissão	10 dBm
Ganho antenas Tx e Rx	2 dBi
Altura do LoRa receptor	0,94 m
Altura do LoRa transmissor	4 m

A rota escolhida para avaliação dos valores de RSSI, é apresentada na Figura 3. O transmissor está no segundo andar dentro do Laboratório. Foram coletados 156 pontos de medida de RSSI, a localização de latitude e longitude dos pontos foi coletada pelo gps de um celular Android, para coletar o valor do RSSI o receptor estava fixo.

Os valores do RSSI e distâncias, dos pontos mostrados na Figura 4 estão detalhados na Tabela VI. Os pontos de medida de 1 a 20 tem como obstáculos, entre transmissor e receptor 4 paredes. Do ponto 21 ao ponto 40, há principalmente como obstáculo a parede do laboratório. Os pontos de 61 a 80, além da parede, tem árvores que tem uma altura de 7 m. Os pontos de 81 a 90 tem a influência de árvores e de um prédio de 3 andares. Os pontos de 91 a 110 tem duas construções e árvores. Os pontos 120 e 122, tem 4 construções e árvores na frente. O ponto 123 tem árvores como obstáculos principais. O ponto 134 está numa ponte com construções e árvores. Os pontos 139 a

150 tem árvores e o pontos 151 a 155 tem somente uma construção de 1 andar como obstáculo.

Analisando os valores de RSSI, pode-se observar que os pontos 60, 80, 90, 105, 13, 150 apresentam atenuação significativa em trechos menores a 20 m, por volta de 10 dB, pela presença de árvores. Assim, por exemplo, nos pontos 20 e 40 que não tem árvores como obstáculos principais a atenuação foi de 7 dB em 24 metros. Já entre os pontos 40 e 60, que começam a aparecer as árvores como obstáculo, em uma distância de 18 metros entre estes pontos, a atenuação foi de 11 dB. Por outro lado, os pontos 120, 122 e 134 não receberam valores de RSSI porque se perdeu a comunicação, isto é atribuído aos obstáculos entre transmissor e receptor, as árvores e construções, como mencionado anteriormente. O caso mais interessante para conhecer a atenuação causada pela floresta é a dos pontos 90 e 134. O ponto 90 está a 133 m do transmissor, onde tem poucas árvores e duas construções (sendo um prédio de 3 andares) e recebe sinal mesmo no limiar mais baixo que é -120 dBm. O ponto 134, que está a 135 metros do transmissor, tem com obstáculos principais árvores, e não recebe sinal, mesmo não sendo uma floresta densa.



Figura 03. Rota de medida de RSSI

TABELA VI. VALORES DO RSSI VS DISTÂNCIA DA FIG.3

Ponto	Distância (m)	RSSI (dBm)
1	16,61	-99
20	23,12	-97
40	47,65	-104
60	65,23	-115
80	117,48	-113
90	133,55	-120
105	155,21	-122
110	164	-112
122	173,04	Sem sinal

123	161,87	-121
127	144	-120
134	135	Sem sinal
139	95,37	-117
150	71,87	-122
155	60,42	-108

Adicionalmente, são apresentados todos os valores de RSSI na Figura 04, diferenciando os pontos a direita do transmissor, 1 a 110, e de, 123 a 156, a esquerda do transmissor. Para observar em distâncias parecidas, especialmente de 60 a 100 metros, os valores em azul são menores. A diferença mais significativa é a presença de mais árvores no caminho dos pontos 123 a 155 mostrado na Figura 04. Assim, em 80 metros, observa-se RSSI de -105 dBm em vermelho e -122 dBm em azul, claramente uma medida está à direita do transmissor e outra à esquerda do transmissor. O primeiro ponto em azul é o menor de todos porque estava voltado para o transmissor, sendo o ponto 157 tendo somente a parede do laboratório como obstáculo.

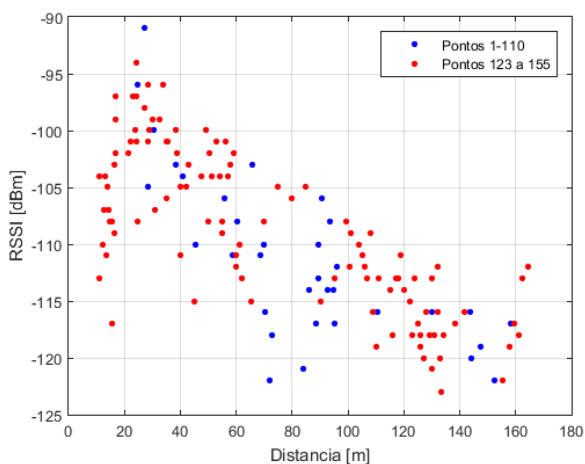


Figura 04. Valores de RSSI de todos os pontos medidos

B. Envio de mensagens

Seguindo a metodologia e montando os circuitos, pode-se experimentar como os dados enviados se comportam. Para isso, testou-se a transmissão de mensagens de várias distâncias, para que seja possível observar certos fenômenos, tendo como objetivo encontrar falhas que possam ser mitigadas, evitando perdas. Após a criação do sistema e configurações necessárias, bem como testes prévios feitos em ambiente estável e controlado, conseguiu-se aplicações práticas do projeto, com envio e recebimento de sinais via módulo LoRa, sem utilizar qualquer outro meio de comunicação para o repasse de mensagens. Constatou-se o envio de várias mensagens ao longo do tempo e por distâncias diferentes, obtendo resultados de RSSI para medição da potência do sinal e estabilidade da conexão feita. Além disso, o receptor LoRa teve sua distância variado por vários metros, onde a conexão, envio e recebimento das mensagens foram testadas. As posições do receptor para as

8 mensagens recebidas estão representadas por números na Figura 06. As mensagens número 6 e 7 não foram recebidas e a número 8 passou por um processo de espalhamento, observado na Figura 05, fazendo com que a mensagem se mostrasse de maneira errada devido a interferência do sinal. Já para a mensagem não recebida, foi constatado que o número de obstáculos pelo caminho atrapalhou a conexão, fazendo com que o sinal fosse perdido, que são os pontos 120 e 122, mostrados na Figura 03.

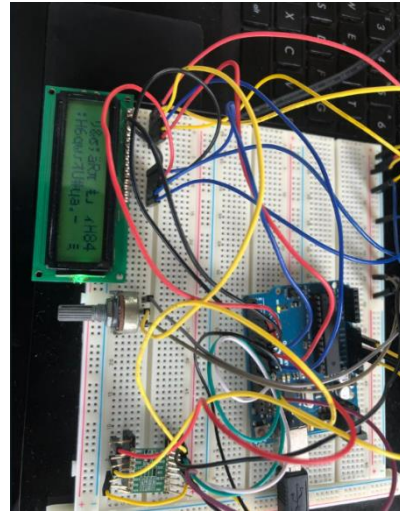


Figura 05. Dados recebidos com espalhamento.



Figura 06. Caminho percorrido.

V. CONCLUSÕES

Em um cenário arborizado e com construções, tal qual o campus II da Unifesspa, foram analisados os valores de RSSI, sendo o valor mais baixo de -122 dBm e o mais alto de -97 dBm. Na distância de 80 m a direita do transmissor o RSSI, o valor foi de -105 dBm e a esquerda do transmissor foi de -122 dBm, sendo que a principal diferença foi a presença de mais árvores à esquerda do transmissor. Uma das principais conclusões, é que a presença de árvores aumenta a atenuação do sinal consideravelmente nesta distância específica. Foi observada

uma atenuação de 17 dB de perda a mais para uma mesma distância.

Adicionalmente, pode se concluir que, quando o sinal é bastante atenuado por causa de árvores e prédios, ocorre a perda de dados. Em outros casos, devido ao fenômeno de espalhamento causado pelas árvores, mesmo tendo um nível de RSSI aceitável (-108 dBm), a mensagem recebida foi de caracteres aleatórios.

Finalmente, conclui-se que é possível estabelecer e realizar comunicações e envio de dados pelo módulo LoRa em ambiente arborizado para distâncias menores a 160 metros e mantendo uma comunicação estável. Para trabalhos futuros, este tipo de comunicação pode ser utilizada para enviar dados de sensores.

REFERÊNCIAS

- [1] Datasheet disponível em: https://cdn.sparkfun.com/assets/learn_tutorials/8/0/4/RFM95_96_97_98W.pdf. Último acesso em 05/06/2022.
- [2] S. Devalal and A. Karthikeyan, "LoRa Technology - An Overview," 2018 Second International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA), 2018, pp. 284-290, doi: 10.1109/ICECA.2018.8474715.
- [3] A. Bachir, M. Dohler, T. Watteyne, and K. K. Leung. Mac Essentials for wireless sensor networks. Communications Surveys & Tutorials, IEEE, 12(2):222–248, 2010.
- [4] P. Dutta, S. Dawson-Haggerty, Y. Chen, C.-J. M. Liang, and A. Terzis. Design and evaluation of a versatile and efficient receiver-initiated link layer for low-power wireless. In Proceedings of the 8th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems, SenSys '10, pages 1–14, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [5] Sanchez-Iborra, R.; Sanchez-Gomez, J.; Ballesta-Viñas, J.; Cano, M.-D.; Skarmeta, A.F. Performance Evaluation of LoRa Considering Scenario Conditions. Sensors 2018, 18, 772. <https://doi.org/10.3390/s18030772>
- [6] M. Rizzi, P. Ferrari, A. Flammini, E. Sisinni and M. Gidlund, "Using LoRa for industrial wireless networks," 2017 IEEE 13th International Workshop on Factory Communication Systems (WFCS), 2017, pp. 1-4, doi: 10.1109/WFCS.2017.7991972.
- [7] S. Gutiérrez, I. Martínez, J. Varona, M. Cardona and R. Espinosa, "Smart Mobile LoRa Agriculture System based on Internet of Things," 2019 IEEE 39th Central America and Panama Convention (CONCAPAN XXXIX), 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/CONCAPANXXXIX47272.2019.8977109.
- [8] LoRa Alliance, disponível em: <https://lora-alliance.org/>. Último acesso em 05/06/2022.
- [9] Documentação do Arduino Uno, disponível em: <https://www.arduino.cc/>. Último acesso em 05/06/2022
- [10] Metageek, "Entendendo os níveis de RSSI," disponível em: <https://www.metageek.com/training/resources/understanding-rssi/>. Último acesso em 05/06/2022.
- [11] Advantech, "LoRa com utilização em indústrias", disponível em:
- [12] Santos, A. C., Magalhães, A. L., de Almeida, A. L., & Maciel, T. F. Integração de Redes de Sensores sem Fio à Plataforma Lora® para Serviços de Monitoramento e Controle Inteligentes. https://www.advantech.com.br/products/industrial-lora-lorawan-wireless-i-o-module/sub_23ed4776-1633-4901-a776-8532a23ea8b4. Último acesso em 05/06/2022.