

# Análise da Propagação em Redes de Sensores Sem Fio Aplicadas à Agricultura Irrigada

Eziom Alves de Oliveira, Fabrício Braga Soares de Carvalho e Brailiro Gonçalves Leal

**Resumo**— Este artigo tem como objetivo analisar as características de propagação em uma rede de sensores sem fio quando aplicada à agricultura irrigada. A análise de desempenho é realizada por meio da métrica RSSI (*Received Signal Strength Indication*), considerando o cenário de plantação de uva. Os resultados experimentais e de simulação obtidos mostram que a distância entre os módulos e a densidade da vegetação afetam diretamente na qualidade do sinal transmitido.

**Palavras-Chave**— Redes de Sensores Sem Fio, RSSI, Análise de Desempenho, ZigBee.

**Abstract**— This article analyzes propagation characteristics of a wireless sensor network applied to precision agriculture. The evaluation performance of the networks is obtained through the RSSI (*Received Signal Strength Indication*), in a grape plantation. Experimental results showed that the distance between the sensor modules and the vegetation density affect directly the quality of the transmitted signal.

**Keywords**— Wireless Sensor Networks, RSSI, Performance Analysis, ZigBee.

## I. INTRODUÇÃO

Vários estudos sobre o uso de redes de sensores sem fio para monitorar variáveis ambientais em cultivos agrícolas são apresentados em [1]. Tais redes utilizam ondas eletromagnéticas para transmitir as informações coletadas, o que as tornam sujeitas às mais diversas falhas. As características do meio (tais como obstáculos, vegetação, umidade, dentre outros fatores) contribuem para a irregularidade da propagação de sinais por radiofrequência (RF), levando a uma dependência direta entre a potência recebida e as características do meio [2].

A análise do desempenho de uma RSSF aplicada em plantações irrigadas pode apontar limitações da rede e a melhor forma para configurá-la, alcançando assim uma melhor performance e um ponto ótimo na utilização dos seus recursos [3]. Neste artigo, utiliza-se a métrica RSSI para analisar as características de propagação em uma rede de sensores sem fio aplicada à agricultura irrigada. Foram realizados testes em campo aberto e em uma plantação de uvas.

Este artigo está organizado da seguinte maneira: a Seção II apresenta detalhes sobre a metodologia de avaliação; a Seção III mostra os resultados obtidos através dos experimentos; por fim, a seção IV apresenta as conclusões deste trabalho.

Eziom Alves de Oliveira e Brailiro Gonçalves Leal, Colegiado de Engenharia da Computação, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro-BA, Brasil, E-mails: eziomalves@gmail.com, brailiro.leal@univasf.edu.br. Fabrício Braga Soares de Carvalho, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, Brasil, E-mail: fabricio@cear.ufpb.br. Este trabalho foi parcialmente financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia - FAPESB.

## II. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

Os módulos XBee © foram escolhidos para compor a rede de sensores deste trabalho devido à sua simplicidade de utilização, custo financeiro e popularidade. A rede utilizada nos experimentos é apresentada na Tabela 1:

TABELA I  
CONFIGURAÇÃO DA REDE

| Padrão                    | ZigBee                 |
|---------------------------|------------------------|
| Modelo                    | XBee-PRO ZB S2 (Fig.1) |
| Modo de Comando           | API                    |
| Pacotes Utilizados        | 0x17 e 0x97            |
| Quantidade de módulos     | 2                      |
| Topologia                 | Peer-to-peer           |
| Versão do <i>firmware</i> | 2x7x                   |
| Sensibilidade do receptor | -102 dBm               |
| Fabricante                | Digi [4]               |

A análise adotada neste trabalho consiste em verificar o comportamento do sistema, de acordo com a métrica RSSI em função da distância. Esta análise tem como objetivo obter o alcance de cobertura do sinal de RF. Foram utilizados dois módulos XBee-PRO, em que um deles foi configurado como dispositivo final e o outro como coordenador da rede.

Inicialmente, foi analisada a transmissão em campo aberto sem obstáculos entre os módulos, como forma de estabelecer parâmetros de configuração em um local com o mínimo possível de interferência (servindo como referência para a avaliação dos demais cenários). Em seguida, os mesmos testes foram realizados em uma plantação de uva, com a intenção de analisar as características de propagação do sinal da RSSF quando aplicada à agricultura irrigada.

Na plantação, foram testadas duas configurações: na primeira, os dois módulos foram posicionados em linha reta (LOS – *Line of Sight*). Na segunda configuração, modificou-se o posicionamento dos sensores para que a transmissão ocorresse diagonalmente. Isso refletirá em uma maior absorção e degradação do sinal transmitido, em função das folhagens do parreiral. Estas duas configurações estão apresentadas na Figura 1 a seguir. No cenário de campo aberto, considerou-se ainda uma altura mínima entre os módulos e o solo, de acordo com a Zona de Fresnel descrita em [5], [6], [7].

Os resultados obtidos no experimento foram comparados com os modelos matemáticos de propagação clássicos: o Modelo de Propagação no Espaço Livre (Friis) e o Modelo de Propagação log-normal. O modelo Friis é utilizado para estimar a intensidade do sinal transmitido entre o transmissor e o receptor em linha de visão direta (ou seja, sem obstruções

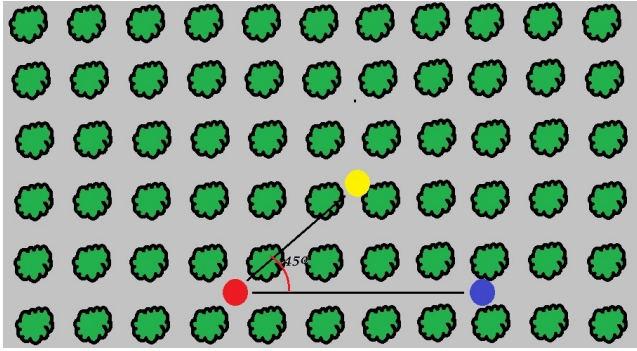


Fig. 1. Variação da posição entre os módulos dentro da plantação.

entre os sensores). Já o modelo log-normal descreve os efeitos aleatórios do sombreamento que ocorrem durante essa transmissão [7].

### III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 ilustra os resultados de RSSI (em dBm) em função do aumento da distância entre os módulos quando em campo aberto, obtidos experimentalmente e por meio da simulação dos modelos matemáticos Friis e log-normal. Pode-se observar que a curva experimental se aproxima dos resultados obtidos com os modelos teóricos utilizados.

A distância máxima testada em campo aberto foi de 1.150 metros. Neste cenário não houve perdas na comunicação. O alcance testado corresponde a apenas 36% da distância máxima especificada pelo fabricante [4]; portanto, espera-se que a transmissão entre os sensores ocorra em distâncias ainda maiores.

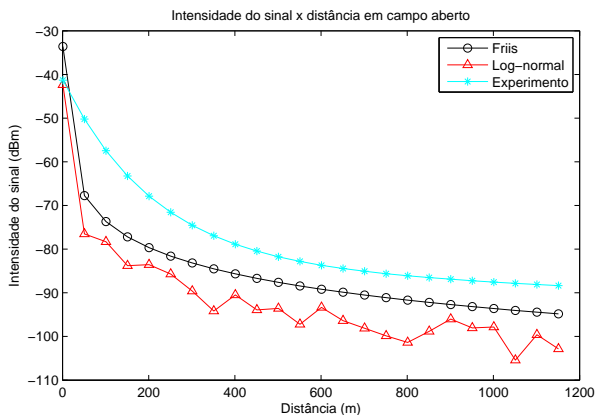


Fig. 2. Comparação entre os resultados de RSSI obtidos experimentalmente com os modelos teóricos.

A Figura 3 apresenta as medições de RSSI (em dBm) à medida em que a distância entre os módulos é variada (tanto em linha reta como em diagonal) dentro da plantação. O resultado das medições experimentais é comparado ao obtido por meio da simulação dos modelos Friis e log-normal.

Verifica-se, a partir da Figura 3, que a atenuação do sinal é mais intensa na transmissão em diagonal do que em linha reta, devido à maior presença de obstáculos. A transmissão na diagonal alcançou uma distância máxima de 195 metros,

além da qual a comunicação foi perdida. Já em linha reta a comunicação foi mantida dentro dos 550 metros disponíveis para avaliação da transmissão dentro do parreiral.

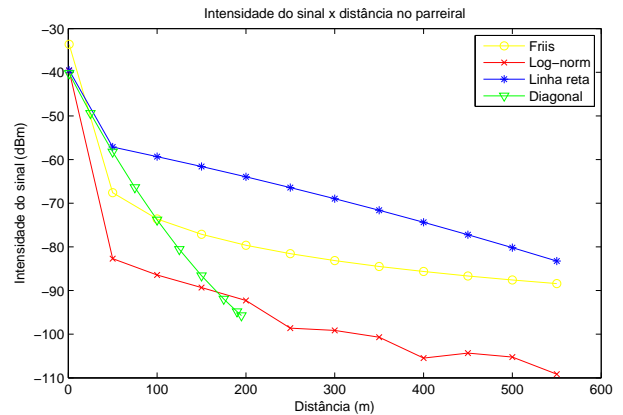


Fig. 3. Comparação entre os resultados de RSSI obtidos experimentalmente na plantação com os modelos teóricos.

### IV. CONCLUSÕES

A tecnologia de RSSF é bastante viável para prover o monitoramento de plantações irrigadas. Porém, verifica-se que a distância entre os módulos e a densidade da vegetação afetam diretamente na qualidade do sinal transmitido. Com isso, deve-se respeitar a distância máxima entre os nós da rede para que a atenuação do sinal não inviabilize a qualidade da comunicação.

A partir dos dados coletados experimentalmente, verificou-se que a máxima distância entre os módulos da rede, dentro do parreiral, é de 195 metros na diagonal (ou seja, com obstáculos naturais). Também foi constatado que os sensores podem transmitir seus dados a uma distância de ao menos 550 metros em linha reta, sem perdas na comunicação.

Na continuação deste trabalho serão realizados mais testes de campo, para verificar qual a máxima distância real alcançada ao se utilizar tais sensores tanto em campo aberto quanto em uma plantação real.

### REFERÊNCIAS

- [1] J. C. C. Benavente, *Monitoramento Ambiental de Vinhedos Utilizando uma Rede de Sensores Sem Fio que Coleta Dados com um Intervalo de Amostragem Variável*. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2010.
- [2] R. M. P. Jacinto, *Modelação da Propagação numa Rede de Sensores Sem Fio*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores), Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.
- [3] F. B. S. de Carvalho et al, *Aplicações Ambientais de Redes de Sensores Sem Fio*. Revista de Tecnologia da Informação e Comunicação, v. 2, p. 14-19, 2012.
- [4] DIGI, *XBeeTM/XBee-PROTM ZB RF Modules*. Disponível em: <http://ftp1.digi.com/support/documentation/90000976M.pdf>. Acessado em: 25 de março de 2013.
- [5] G. Anastasia et al, *Performance Measurements of Motes Sensor Network*. 7th Acm International Symposium On Modeling, Analysis And Simulation Of Wireless And Mobile Systems, pp. 174-181. Veneza, Itália, 2004.
- [6] E. J. Marcarí e A. J. Manacero, *Classificação das Técnicas para Análise de Desempenho de Sistemas Paralelos e Distribuídos*. Disponível em: <http://www.dcce.ibilce.unesp.br/spd/pubs/paper.pdf>. Acessado em: 25 de março de 2013.
- [7] T. S. Rappaport, *Comunicação Sem Fio: Princípios e Prática*. 2ª Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.