



APLICAÇÃO DE REDES DE SENSORES SEM FIO PARA O MANEJO DE PRAGAS EM POMARES: AVALIAÇÃO DE MÓDULOS DE COMUNICAÇÃO

LUCAS COUTINHO FREITAS¹; VALTER ALBERTO MELGAREJO MARTINS¹; PAULO ROBERTO FERREIRA JÚNIOR¹; LISANE BRISOLARA DE BRISOLARA¹

¹*Universidade Federal de Pelotas – Grupo de Pesquisa em Engenharia de Sistemas Ciber-Físicos
{lcfreitas,vammartins,paulo.ferreira,lisane}@inf.ufpel.edu.br*

1. INTRODUÇÃO

As Redes de Sensores sem Fio (RSSF) têm sido empregadas no sensoriamento e monitoramento de ambientes para as mais variadas aplicações. Estas redes são auto-organizáveis e formadas por nós sensores, geralmente conectadas entre si através de módulos de rádio frequências (RF), com baixo custo energético. No domínio de Agricultura de Precisão (AP), RSSF têm sido amplamente empregadas para gerenciamento de irrigação, fertilização e controle de pragas (NADIMI et al., 2008)(JAYAPRIYA e MANIKANDAN, 2018).

Um dos ramos da AP é o Manejo Integrado de Pragas (MIP), o qual analisa dados climatológicos e populacionais a fim de prever infestações, e assim aplicar métodos de controle visando evitá-las. A presença de pragas pode ser observada por armadilhas depositadas nas regiões de interesse. Geralmente, a coleta de dados das armadilhas é feita por humanos, o que não garante a precisão dos dados e a periodicidade das coletas, prejudicando o manejo. Para resolver este problema, em trabalhos feitos anteriormente, foi desenvolvida uma RSSF composta por Armadilhas Eletrônicas Inteligentes (AIs). Esta solução é resultado da parceria com uma empresa de Manejo de Pragas chamada Partamon. Os nós desta rede são formados por um módulo RF; um microcomputador para processamento de imagem e classificação local; e um sistema despertador, baseado em um microcontrolador Arduino e *Real Time Clock* (RTC), para periodicamente adquirir informações das AIs. Depois de contar a quantidade de pragas depositadas na AI, os dados são transmitidos através da RSSF até o nó concentrador (REMBOSKI et. al., 2018).

A comunicação entre nós sensores é limitada pela distância de propagação do sinal, o qual determina a distância máxima entre nós e número de nós para cobrir uma área de interesse. No entanto, a eficiência dos sinais de RF depende essencialmente da potência de transmissão, sensibilidade do receptor, antenas, da altura do transmissor e do receptor (WALLACE, 2015). Outro problema a ser enfrentado é a qualidade da comunicação, já que distâncias mais longas geralmente são mais propícias a atenuação, interferências e ruídos no sinal. Ainda, no monitoramento de áreas de cultivo, a intensidade do sinal é influenciada pela altura da planta, densidade da folhagem, densidades dos frutos e ainda irregularidades no campo (declives/aclives) (CORREIA et. al. *apud* Li, 2013). Experimentos preliminares



com o módulo RF S2C (2.4GHz), no cenário ilustrado na Fig. 1, mostraram que a influência do meio no sinal é grande, reduzindo consideravelmente a distância suportada entre os nodos. O módulo S2C suportou comunicação entre nodos nos pontos A e B (distância de 202m), porém na região do pomar (vegetação mais densa) a distância entre os nodos B e C teve de ser consideravelmente reduzida para 74m permitir a conexão (Fig. 1).

Neste trabalho, são comparados dois módulos diferentes de RF, XBee S2C de 2.4GHz e XBee S3B de 900MHz, quando empregados em um ambiente de pomar. O S3B trabalha em uma frequência de 900MHz, o que o torna mais robusto a interferências do meio, quando comparado ao S2C. São avaliados o alcance dos comunicadores e a qualidade do sinal em um ambiente real para implantação da RSSF proposta para o MIP. Os cenários experimentados consideraram requisitos da aplicação de MIP, que requer que os nós tenham entre 100 à 500 metros de distância entre eles.

2. METODOLOGIA

O alcance dos módulos XBee série S2C e série S3B foram avaliados em um ambiente real de pomar de citrus, onde o sinal sofresse atenuação devido aos obstáculos supracitados (com vegetação, corpos líquidos e irregularidades na topologia do solo em abundância). Os testes foram realizados através do software X-CTU, disponibilizado pelo fabricante dos módulos, da seguinte maneira: um dos nós é fixado enquanto outro se distancia; a cada 50 metros é realizada uma medição de qualidade de sinal e taxa de entrega de pacotes; 100 pacotes de 50 bytes foram transmitidos a fim de avaliar qualidade do sinal por distância entre os nós; calculou-se a taxa de entrega, empregando a quantidade de pacotes pelo valor total enviado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de distância máxima suportada para os módulos S2C e S3B foram de 186m e 384m, conforme ilustrado nas Fig. 2 e Fig. 3, respectivamente. Nos experimentos, o módulo S3B suportou comunicações entre nodos com o dobro de distância do S2C.

Além desta primeira avaliação da distância máxima entre nodos, nos experimentos, foi avaliado também o impacto do meio na propagação do sinal nos dois módulos e para isso variou-se a disposição dos nodos. A Fig. 4 ilustra os pontos onde o módulo S2C obteve sucesso e falha de comunicação: bandeiras azuis e vermelhas, respectivamente. As bandeiras verdes indicam onde ficou o nó fixo para avaliação da distância, a primeira mais à esquerda foi utilizada como ponto fixo para a análise de distância vista na Fig. 2, já a outro para avaliar o comportamento do módulo intra-pomar. Nos experimentos intra-pomar, não foi obtida a mesma distância entre os nós como visto na Fig. 2, então mais 5 testes foram realizados no entorno do ponto onde ocorreu a

primeira falha de comunicação. Podemos observar que, em sua maioria, não foi obtido conexão, porém houve um ponto, mais distante do que o primeiro a falhar, que teve sucesso na comunicação; caracterizando esta região como de forte interferência.

O mesmo conjunto de experimentos foi repetido para o módulo S3B, considerando os mesmos pontos. Este módulo suportou a comunicação em todos as regiões, mesmo naquelas com vegetação mais densa (pontos em vermelho na Fig. 4), diferentemente do que foi observado com o S2C. Porém, nos pontos com maior interferência, apresentou uma oscilação no indicador de intensidade do sinal recebido (RSSI), o que afetou a taxa de sucesso na transmissão dos pacotes. A Fig. 5 ilustra estes resultados de análise da qualidade do sinal. Nesta figura, a linha vermelha indica o RSSI no módulo que se distanciou do nó fixo, a linha verde representa o RSSI do nó fixo e a curva cinza representa a taxa de sucesso ao longo do tempo (em torno de 75%).

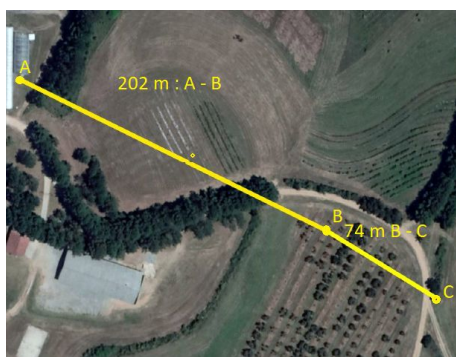


Figura 1. Experimentos preliminares realizados com o módulo XBee S2C.



Figura 2. Distância máxima de comunicação dos módulos XBee S2C.



Figura 3. Distância máxima de comunicação dos módulos XBee S3B.



Figura 4. Pontos de sucesso e falha intra-pomar com módulo S2C.

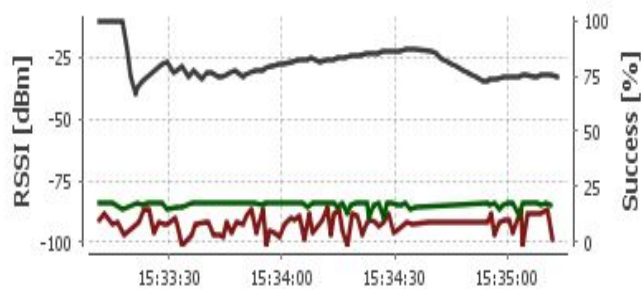


Figura 5. Taxa de Entrega de pacote, RSSI do nó de referência e do nó remoto.

4. CONCLUSÕES



Neste trabalho foram realizados experimentos em um pomar de citrus com os módulos RF XBee S2C e S3B, visando observar alcance de comunicadores e analisar influência do ambiente na qualidade do sinal transmitido. Ambos os módulos suportam a topologia em malha requerida pela aplicação, porém empregam dois protocolos de comunicação diferentes. O S2C emprega o Zigbee (Zigbee Alliance, 2006) (protocolo aberto) e o S3B emprega o protocolo Digimesh, que é proprietário, mas suporta comunicação com maiores distâncias.

Observou-se que o módulo S3B além de suportar comunicações entre nodos com o dobro de distância, quando comparado ao S2C, também apresentou menor interferência do ambiente na qualidade do sinal. Porém, considerando o *datasheet* dos módulos, estima-se um consumo maior por parte do módulo S3B em estado de transmissão. Em trabalhos futuros, pretende-se refazer estes experimentos visando incluir uma medição do consumo energético dos módulos. Um medidor de consumo está sendo desenvolvido para permitir esta avaliação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORREIA, Felipe P. et al. Propagation analysis in Precision Agriculture environment using XBee devices. In: **SBMO/IEEE MTT-S International Microwave & Optoelectronics Conference (IMOC)**. IEEE, 2013. p. 1-5.

JAYAPRIYA .P, MANIKANDAN .S.V. Precision Agriculture Using Wireless Sensor Network System: Opportunities and Challenges. **International Journal of Engineering and Computer Science**, v. 5, n. 11, 3 jan. 2018.

NADIMI, Esmail Shahrak; SØGAARD, Henning Tangen; BAK, Thomas. ZigBee-based wireless sensor networks for classifying the behaviour of a herd of animals using classification trees. **Biosystems engineering**, v. 100, n. 2, p. 167-176, 2008.

REMBOSKI, Thainan B. et al. Identification of fruit fly in intelligent traps using techniques of digital image processing and machine learning. In: **Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on Applied Computing**. ACM, 2018. p. 260-267.

WALLACE, R.. **Achieving Optimum Radio Range**. Texas Instruments, 2015. Acessado em 7 ago. 2018. Online. Disponível em: <http://www.ti.com/lit/an/swra479a/swra479a.pdf>.

Zigbee, Alliance. **Zigbee-specification**. Disponível em : <http://www.zigbee.org/>, 2006.