

# Uma avaliação da eficiência energética de uma Rede de Sensores Sem Fios em relação ao posicionamento do nó *sink*

Melissa Bonfim Alcantud<sup>1</sup>, César Alberto da Silva<sup>1,2</sup>, Andrea Padovan Jubileu<sup>1</sup>,  
Linnyer Beatryz Ruiz<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Informática – Instituto Federal de São Paulo (IFSP)  
CEP 19470-000 – Presidente Epitácio, SP – Brasil

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica  
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Belo Horizonte, MG – Brasil

<sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação  
Universidade Estadual de Maringá (UEM) – Maringá, PR – Brasil

{melissa.alcantud,casilva91,andreapjubileu,linnyer}@gmail.com

**Abstract.** *The research on the use of wireless technologies in several areas propelled this study regarding the energy efficiency of Wireless Sensor Networks (WSN), considering the variation of the number of sensor nodes, the time of data collection of these nodes and the positioning of the sink node. For this study, the Castalia simulator was used as an instrument to analyze the behavior of an WSN in a real environment, reducing cost and time.*

**Resumo.** *A pesquisa em relação ao uso de tecnologias de conexão sem fio em diversas áreas propulsou esse estudo referente à eficiência energética de Redes de Sensores sem Fio (RSSF), considerando a variação de quantidade de nós sensores, o tempo de coleta de dados desses nós e o posicionamento do nó sink. Para a realização desse estudo foi utilizado o simulador Castalia como instrumento de análise do comportamento de uma RSSF em um ambiente real, reduzindo custo e tempo.*

## 1. Introdução

As Redes de Sensores Sem Fio (RSSFs) possuem uma ampla possibilidade de serem utilizadas em diferentes áreas, tais como agricultura, militar, ambiental, médica, entre outras. Podem ser implantadas para monitorar aspectos do mundo físico por meio dos nós sensores, que são pequenos computadores acoplados com sensores de temperatura, vibração e outros [Tanenbaum e Wetherrall 2011].

A quantidade de energia consumida pelos nós sensores são quesitos relevantes na implantação de uma aplicação, visto que a vida útil das RSSFs pode estar relacionada à capacidade de hardware, armazenamento e recarga de energia [Ruiz et. al 2011] e [Stattner et. al 2012]. Para encontrar um modelo ideal de configuração, de acordo com aplicação desejada, faz-se o uso de ferramentas que realizam simulações de ambientes reais utilizando os dados coletados de uma RSSF. Uma vez realizada a simulação com os parâmetros adotados, esses simuladores geram um pacote de arquivos contendo dados que retratam todos os eventos que ocorreram ao longo da simulação na rede. Os

dados coletados estão aptos a serem analisados estatisticamente, a fim de serem comparados para a escolha/definição da melhor configuração da rede. Entre as várias ferramentas de simulações, as mais conhecidas para redes de sensores sem fio são: Network Simulator 2 (NS-2), TraceGraph, MannaSim e Castalia. Neste trabalho foi utilizado o Castalia, um simulador sem fio derivado do simulador OMNeT++.

Este trabalho compreende a simulação de uma RSSF variando a quantidade de nós sensores, o posicionamento do nó *sink* e o tempo de coleta de dados. Trata-se do resultado de um projeto de iniciação científica realizado por uma aluna do curso superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do IFSP – Câmpus Presidente Epitácio.

Neste artigo são apresentados os trabalhos relacionados ao estudo realizado (seção 2), as simulações e resultados obtidos (seção 3) e, por fim, as conclusões (seção 4) e referências de embasamento teórico.

## 2. Trabalhos Relacionados

Existem diversos trabalhos na literatura que propõem vários protocolos para reduzir o consumo de energia em RSSF. Kumar [2014] apresenta um estudo com uso de protocolos baseados em cluster. O autor propõe dois protocolos para uso em RSSF heterôgena: *Single-hop Energy-Efficient Clustering Protocol* (S-EECP) e *Multi-hop Energy-Efficient Clustering Protocol* (M-EECP). A eleição dos *cluster heads*, em ambos os protocolos, é realizada por uma probabilidade baseada na relação entre a energia residual de cada nó e a energia média da rede. Dessa forma, os nós com maior quantidade de energia têm mais chances de serem eleitos. A diferença entre esses protocolos é simplesmente que o protocolo S-EECP é utilizado para comunicação *single-hop* e o protocolo M-EECP é usado para comunicação *multi-hop*. Dois experimentos foram realizados utilizando o simulador NS-2. No primeiro experimento foram definidos 100 nós sensores distribuídos uniformemente em uma área de 100 x 100 m<sup>2</sup>. No segundo experimento foram definidos 200 nós sensores distribuídos uniformemente em uma área de 200 x 200 m<sup>2</sup>. Os resultados dos experimentos foram comparados com os protocolos EECT [Xin et. al 2008] e EEHC [Kumar et. al 2009]. Os protocolos S-EECP e M-EECP foram superiores em relação ao tempo de vida da rede e mantiveram o consumo de energia balanceado entre os *cluster heads*.

Diversas outras abordagens são utilizadas na implementação de um protocolo de roteamento. Mondal *et. al* (2016) utilizam *fuzzy logic* para eleição do *cluster head*, Gupta *et. al* (2016) utilizam a técnica *Honey Bee Optimization* para selecionar o próximo nó na transmissão dos dados e Bhatti e Kaur (2017) propõem um algoritmo de roteamento com *sink* móvel baseado em grid virtual.

O estudo em questão, apresentado neste artigo, diferencia-se dos encontrados na literatura por fazer uma análise do consumo de energia da rede em relação a quantidade de nós sensores, posicionamento do nó *sink* e do tempo de coleta dos nós sensores.

## 3. Simulação e Resultados

Para realizar as simulações do presente estudo foi utilizado o simulador Castalia. No caso, os nós sensores tem como finalidade medir a temperatura e umidade de uma área

com 4 hectares (40.000 metros quadrados), o que corresponde a uma área de 200 metros de comprimento por 200 metros de largura. Na referida área, os nós sensores da rede são distribuídos em forma de *grid*, ou seja, de maneira regular sobre a área monitorada, e com mesma capacidade de hardware.

Foram simulados quatro cenários com mobilidade estacionária e com quantidade de nós de 25, 36, 49 e 81. Para cada cenário foram definidos dois tempos de sensoriamento para os nós sensores: 10 e 30 segundos. Em ambos os casos, o posicionamento do nó responsável em centralizar o recebimento de dados (nó *sink*) foi avaliado no centro e em um canto da área, sendo que as simulações para cada cenário foram repetidas 33 vezes. As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados das simulações em relação ao tempo de coleta de 10 e 30 segundos, respectivamente.

**Tabela 1: Dados das redes simuladas com envio de um pacote a cada 10 segundos.**

	Qtd.de nós	Nó <i>sink</i>	Pacotes Recebidos (nó <i>sink</i> )	Pacotes Enviados	Perda de Pacotes Enviados	Energia Consumida (Joules)	Energia Consumida /Pacotes recebidos
conf_6x6	36	centro	50,377	541,379	296,285	18,018	0,357
conf_6x6	36	canto	26,083	438,883	195,816	17,605	0,674
conf_7x7	49	centro	64,146	699,404	420,871	19,117	0,298
conf_7x7	49	canto	35,488	736,022	460,252	19,179	0,540
conf_8x8	81	centro	72,253	773,474	480,615	19,929	0,276
conf_8x8	81	canto	45,922	921,17	629,839	20,28	0,442

**Tabela 2: Dados das redes simuladas com envio de um pacote a cada 30 segundos.**

	Qtd.de nós	Nó <i>sink</i>	Pacotes Recebidos (nó <i>sink</i> )	Pacotes Enviados	Perda de Pacotes Enviados	Energia Consumida (Joules)	Energia Consumida / Pacotes recebidos
conf_6x6	36	centro	19,729	361,089	105,002	17,538	0,888
conf_6x6	36	canto	10,752	327,96	75,707	17,318	1,610
conf_7x7	49	centro	25,869	439,683	153,764	18,315	0,708
conf_7x7	49	canto	13,766	452,039	169,211	18,369	1,334
conf_8x8	81	centro	30,193	480,153	184,732	18,868	0,625
conf_8x8	81	canto	19,512	541,179	246,541	19,015	0,975

Pode-se observar que, mesmo variando a quantidade de nós e o tempo de coleta, o posicionamento do nó *sink* no centro obteve melhor resultado, em todos os cenários, em relação à energia consumida pela quantidade de pacotes recebidos.

#### 4. Conclusões

Após as várias simulações com diferentes configurações de redes, chegou-se à conclusão que a localização do nó *sink* está diretamente relacionada ao consumo de energia em uma RSSF.

A localização do nó *sink* deve visar à diminuição da distância máxima entre ele e os outros nós sensores da rede, minimizando o problema de encaminhamento de dados por nós sensores intermediários para os nós sensores que não possuem capacidade de comunicação direta com o nó *sink*.

A quantidade de nós sensores da rede também está diretamente relacionada ao consumo de energia, pois um número maior de nós sensores causa aumento de dados trafegando pela rede, inclusive de dados de controle para descoberta de novas rotas.

## Referências

- Bhatti, R. e Kaur, G. (2017). Virtual Grid based energy efficient mobile sink routing algorithm for WSN, In: *2017 11th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO)*, Coimbatore, pp. 30-33.
- Gupta, A., Thakur, A., Saini, H. S., Kumar, R. e Kumar, N. (2016). H-IECBR: HBO based-Improved Energy Efficient Chain Based Routing protocol in WSN, In: *2016 IEEE 1st International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES)*, Delhi, pp. 1-4.
- Kumar, D. (2014). Performance analysis of energy efficient clustering protocols for maximising lifetime of wireless sensor networks, in *IET Wireless Sensor Systems*, vol. 4, no. 1, pp. 9-16, March 2014.
- Kumar, D., Aseri, T.C., e Patel, R.B. (2009). EEHC: energy efficient heterogeneous clustered scheme for wireless sensor networks, In: *Elsevier Comput. Commun.*, 32, (4), pp. 662–667.
- Mondal, S., Dutta, P., Ghosh, S. e Biswas, U. (2016). Energy efficient rough fuzzy set based clustering and cluster head selection for WSN, In: *2016 2nd International Conference on Next Generation Computing Technologies (NGCT)*, Dehradun, India, pp. 439-444.
- Pantazis, N. A., Nikolidakis, S. A. e Vergados, D. D. (2013). Energy-Efficient Routing Protocols in Wireless Sensor Networks: A Survey, In: *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 15, no. 2, pp. 551-591.
- Ruiz, L. B., Loureiro, A. A. F., Silva, F. A., Silva, T. R. M. B., Pozza, R. S., Costa, J. C. C., Gonçalves, P. C. e Silva, C. A. (2011). Engenharia de computação invisível. In: DE SOUZA, A. F.; MEIRA JR., W. (Org.), *Atualizações em Informática 2011*, capítulo 8. PUC-Rio.
- Stattner, E., Vidot, N., Hunel, P. e Collard, M. (2012). Wireless sensor network for habitat monitoring: A counting heuristic. In: *2012 IEEE 37th Conference on Local Computer Networks Workshops (LCN Workshops)*, p. 753–760.
- Tanenbaum, A. S e Wetherall, D. (2011). *Redes de computadores*. Tradução: Daniel Vieira. 5ª ed. São Paulo: Person.
- Xin, G., Yong, X. W. e Fang, L. (2008). “An energy-efficient clustering technique for wireless sensor networks”. *Proc. Int. Conf. IEEE Networking, Architecture, and Storage*, pp. 248–252.