

# Avaliação de Desempenho dos Padrões IEEE 802.11a e 802.11b: Um Estudo em Cenários Ad-Hoc com Mobilidade

Victor Leonardo Oliveira Brito<sup>1</sup>

Universidade Federal do Pará (UFPA)<sup>1</sup>  
Castanhal – PA – Brazil

oliveirav3@gmail.com

**Abstract.** *With the increasing use of wireless devices and the establishment of various connection standards, it becomes essential to assess which standards might prove more efficient for specific scenarios. This study examines the performance of IEEE 802.11a and 802.11b standards in mobile scenarios, where nodes are distributed at a distance of 20 meters from each other, following a continuous random mobility model. The standards were evaluated utilizing the NS-3 network simulator, revealing that IEEE 802.11a outperforms 802.11b in terms of performance.*

**Keywords:** WiFi, Computer Networks, Network Simulation, NS-3.

**Resumo.** *Com o aumento do uso de dispositivos sem fio e a criação de vários padrões de conexão, é necessário comparar quais padrões podem ser mais eficientes para determinado cenário. Neste trabalho, comparou-se o desempenho dos padrões IEEE 802.11a e 802.11b em cenários com mobilidade, onde os nós estão distribuídos a uma distância de 20m uns dos outros e vão descrevendo um modelo de mobilidade aleatória contínua. Os padrões foram avaliados usando o simulador de redes NS-3, que mostra que o padrão IEEE 802.11a obteve um desempenho superior ao 802.11b.*

**Palavras-chave:** WiFi, Rede de Computadores, Simulação de Rede NS-3.

## Introdução

A tecnologia 802.11 tem suas origens em uma decisão de 1985 da Comissão Federal de Comunicações dos EUA que lançou a banda ISM (Industrial Scientific and Medical) para uso livre de licença.

Em 1991, a NCR Corporation / ATT (agora Nokia Labs e LSI Corporation) inventou um precursor de 802.11 em Nieuwegein, Holanda. Os inventores inicialmente pretendiam usar a tecnologia para sistemas de caixa. Os primeiros produtos sem fio foram trazidos para o mercado com o nome WaveLAN com taxas de dados brutas de 1 Mbit/s e 2 Mbit/s.

O IEEE padronizou o protocolo 802.11 para uso de redes locais sem fio (WLANs, do inglês Wireless Local Area Network). Os padrões de 802.11 consistem em uma série de modulações Half-duplex que usam o mesmo protocolo.

O padrão IEEE 802.11a usa o mesmo protocolo do padrão original, mas uma interface baseada em OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) para a

camada física (PHY). Ele opera na banda de 5 GHz com uma taxa de dados máxima de 54 Mbit/s, além de um código de correção de erro, que produz um rendimento na média de 20 Mbit/s.

O padrão IEEE 802.11b tem uma taxa máxima de dados brutos de 11 Mbit/s e usa o mesmo método de acesso ao padrão definido no padrão original. O aumento dramático da taxa de transferência de 802.11b (em comparação com o padrão original), juntamente com reduções de preços substanciais, levou à rápida aceitação do 802.11b como a tecnologia de LAN sem fio definitiva (CROW et al., 1997).

Tais padrões de transmissão surgem da demanda por sistemas sem fio de próxima geração, caracterizados pela comunicação mundial contínua e suporte a vários serviços de multimídia, que é cada vez mais acelerada, juntamente com o rápido desenvolvimento da tecnologia de terminais móveis e sem fio. Com um crescimento explosivo no número de usuários que usam redes de comunicação sem fio, a questão da tecnologia de gerenciamento de mobilidade IP está em ascensão e uma variedade de estudos para suporte de mobilidade tem progredido.

A mobilidade afeta toda a pilha de protocolos, desde as camadas físicas, de link de dados e de rede até as camadas de transporte e de aplicativo. Um exemplo inclui a reutilização de recursos de rádio na camada física, criptografia e compactação na camada de enlace de dados, controle de congestionamento na camada de transporte e descoberta de serviço na camada de aplicativo. A implementação do gerenciamento de mobilidade na camada de rede também pode proteger os protocolos da camada superior da natureza do meio físico e tornar a mobilidade transparente para aplicativos e protocolos de nível superior, como o TCP.

Há muitos outros quesitos que podem ser impactados com mobilidade dos dispositivos como desempenho e escalabilidade que devem ser cuidadosamente considerados ao tentar projetar ou selecionar um esquema de gerenciamento de mobilidade, por esse fim, este trabalho pretende investigar os impactos da mobilidade em redes ad-hoc por meio de uma avaliação de desempenho utilizando simulador de redes .

## **OBJETIVOS**

Comparar o desempenho dos padrões IEEE 802.11a e 802.11b em cenários com mobilidade aleatória contínua e com posicionamento fixo, onde os nós estão a uma distância de 20 metros um dos outros.

Os padrões de transmissão citados possuem técnicas de modulação distintas, sendo elas, o Multiplexação de Divisão de Frequência Ortogonal (OFDM, do inglês Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) no padrão 802.11a e Espectro Espalhado de Sequência Direta (DSSS, do inglês Direct-Sequence Spread Spectrum) no padrão 802.11b. Além disso, foi utilizado o protocolo de roteamento DSDV (Destination Sequenced Distance Vector ) como mecanismo de entrega de pacotes para todos os cenários.

## METODOLOGIA

Para atingir os objetivos deste trabalho, utilizou-se de simulação de eventos discretos. Simulação é uma técnica baseada no desenvolvimento de modelos, isto é, abstrações da realidade, que capturam aspectos essenciais do objeto em estudo. Para o estudo foi empregado o simulador de eventos discretos, o NS-3 (Network Simulator 3), que é amplamente utilizado pela comunidade internacional de pesquisa em redes de computadores.

O NS-3 é um projeto de software livre e de código aberto que implementa um simulador de rede de eventos discretos para pesquisa e educação (NSNAM ORG, 2017). A versão utilizada foi a ns-3.27, que foi desenvolvida em outubro de 2017. O NS-3 possui um módulo\* controlador de interface de rede sem fio baseado no padrão IEEE 802.11 onde implementa de forma detalhada os aspectos físicos e lógicos. (\* Wi-Fi Module: <https://www.nsnam.org/docs/models/html/wifi.htm> )

### Cenário simulado

A Tabela 1 expõe de forma detalhada os parâmetros configurados para a rede, as mudanças estão presentes no tipo de topologia utilizada, ou seja, a forma como os nós são dispostos dentro da área, para as simulações foram adotadas duas topologias, a primeira tendo todos os nós a distância horizontal e vertical fixa em 20 metros, e a segunda topologia em mobilidade aleatória onde os nós são dispostos em uma área de 6.400 m<sup>2</sup> (metros quadrados) descrevendo uma velocidade de 10 m/s (metros por segundo).

	<b>Cenário 1</b>	<b>Cenário 2</b>
Quantidade de nós clientes:	24	24
Quantidade de nós AP:	1	1
Topologia:	Grade — Aleatória	Grade — Aleatória
Distância inicial dos nós:	20x20 metros	20x20 metros
MAC:	IEEE 802.11a	IEEE 802.11b
Enlace dos nós:	Ad-Hoc	Ad-Hoc
Frequência do rádio:	2.4 GHz	2.4 GHz
Modulação do rádio:	OFDM 12Mbps	DSSS 11Mbps
Aplicação do nó AP:	Eco Servidor	Eco Servidor
Protocolo de transporte:	UDP	UDP
Protocolos de roteamento:	DSDV	DSDV
Tamanho do pacote:	1024Mb (Megabit)	1024Mb (Megabit)
Modelo de Propagação:	Nakagami Loss Model	Nakagami Loss Model
Tipo de tráfego:	Contínuo	Contínuo
Tempo de simulação:	100 Segundos	100 Segundos

**Tabela 1: Parâmetros de Configuração dos Cenários**

Para cada uma das topologia a rede foi avaliada utilizando padrões de transmissão sem fio diferentes, neste projeto adotou-se os padrões Wi-Fi IEEE 802.11b e IEEE 802.11a, o primeiro utilizando a técnica de modulação DSSS, o segundo utilizando a técnica OFDM.

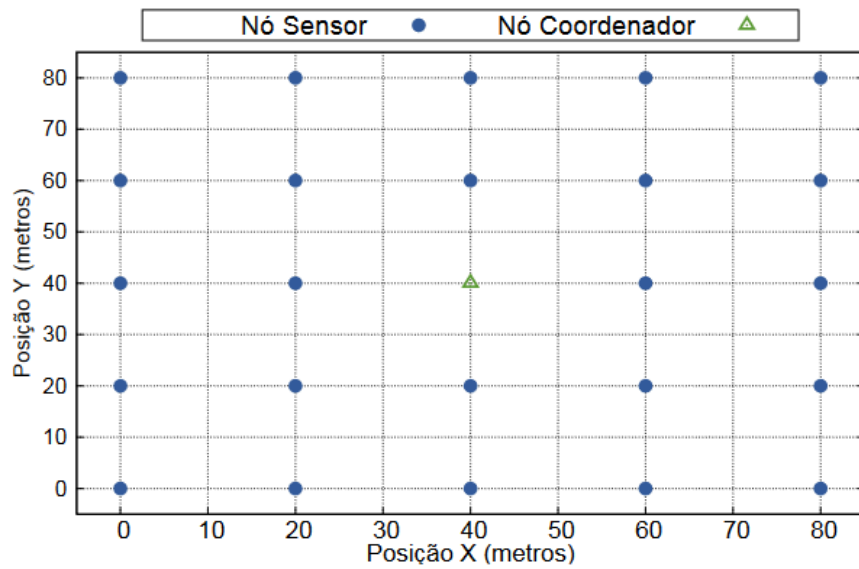
Além disso, foi adotado um protocolo de roteamento DSDV (STERNER; UPPMAN, 2017). Este protocolo de característica proativa, ou seja, possui uma heurística de atualização de tabela periódica é muito utilizado para diversas aplicações de monitoramento que exigem alta eficiência na comunicação e baixo consumo energético (OLIVEIRA et al.,2014).

Para que haja comunicação entre um nó cliente e seu nó AP (Access Point) em uma típica rede de sem fio, é necessário ter um protocolo de transporte que irá reger a maneira como os pacotes serão enviados e recebidos (KUROSE; ROSS, 2006) (LOUREIRO et al., 2003), para esta simulação utilizou-se o protocolo UDP (User Datagram Protocol), além deste também foi utilizado o protocolo de Acesso Múltiplo com Verificação de Portadora com Anulação/Prevenção de Colisão do inglês Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA) (GROUP et al., 2010), o protocolo CSMA/CA está incluso na padronização da tecnologia Wi-Fi, ele tenta evitar colisões na transmissão sensoreando as portadoras antes de cada transmissão se o canal estiver ocupado, o nó sensor espera um tempo aleatório até monitorar novamente o canal, estando livre, ele iniciará a transmissão (CARVALHO et al., 2012).

O Servidor de Eco que irá gerar o fluxo de dados da rede, ele funciona da seguinte maneira: Os nós clientes onde são instalados os Clientes da aplicação são responsáveis por iniciam a comunicação assim que a simulação começa, cada um enviar a cerca de 1200 pacotes com o tamanho de 1024Mb (Megabit) para o nó AP onde estará instalado o Servidor, o nó coordenador aguarda o recebimento dos pacotes dos nós clientes, para cada pacote recebido o nó coordenador ecoara (enviar à) um pacote de tamanho igual para o nó Cliente de origem o tipo de tráfego foi contínuo (Constant Bit Rate) conforme é realizado em (ALVES; OLIVEIRA, 2016).

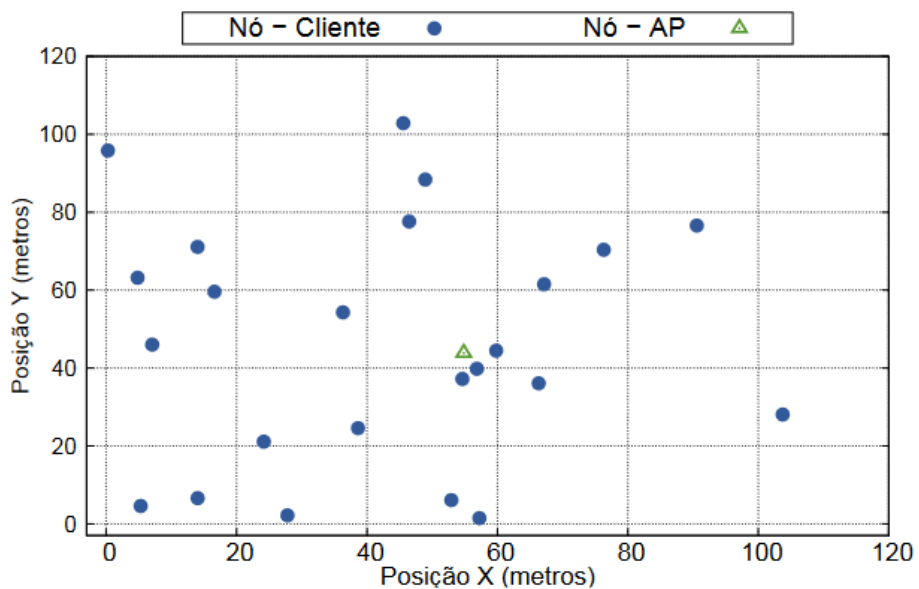
## **Resultados**

Para avaliar cada cenário foram criadas 2 rodadas de simulações, variando na maneira com os nós foram distribuídos geograficamente como é descrito na Tabela 1. As figuras abaixo representam a disposição dos nós da rede.



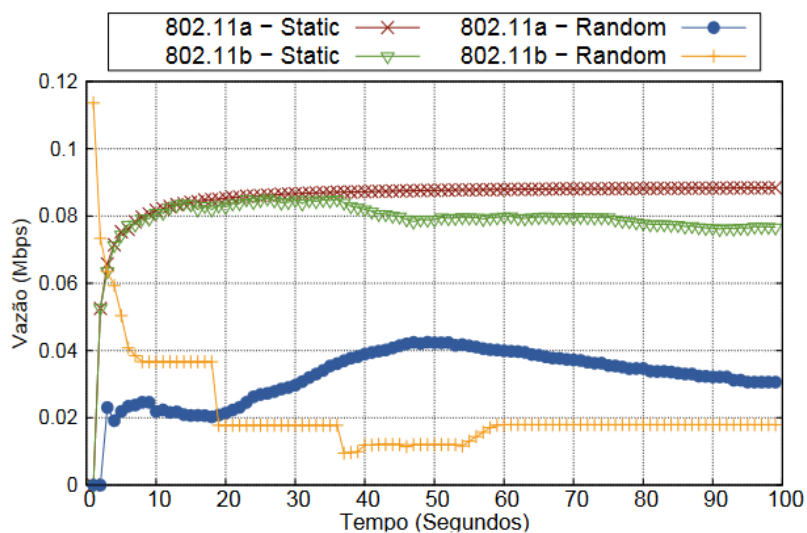
**Figura 1 :Posição inicial dos Nós.**

A Figura 1 exibe a distribuição dos nós da rede em organização grade, mantendo uma distancia 20 metros por 20 metros, com o nó AP se localizado no centro da grade e é representado pelo marcador verde, enquanto os nós Clientes são representados pelos marcadores azuis, esta posição é mantida inicialmente para todos os cenários.



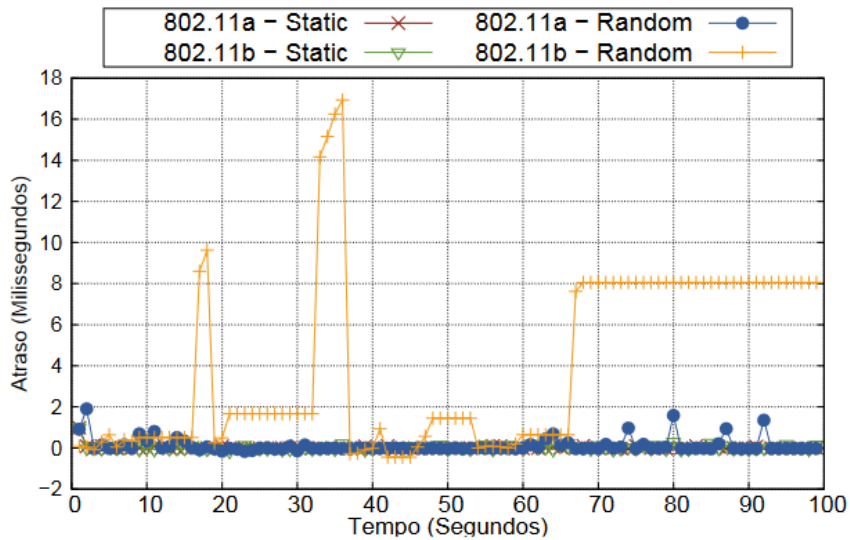
**Figura 2: posição final dos nós com mobilidade aleatória.**

A Figura 2 exibe a posição final dos nós após a simulação de 100 segundos, os mesmos descrevendo uma movimentação randômica variando de 0 a 10 metros por segundo a cada 2 segundos de simulação, o modelo utilizado para essa simulação foi ns3::RandomWalk2dMobilityModel



**Figura 3: Vazão padrões 802.11a e 802.11b em mobilidade estática e aleatória.**

A Figura 3 demonstra a quantização de vazão ou seja a quantidade de bytes trafegados na rede em função do tempo, para os padrões IEEE 802.11a e IEEE 802.11b com as duas topologias, estática e com mobilidade randômica, percebe-se que o padrão IEEE 802.11a se mantém estável no cenário estático, já no cenário com mobilidade apresenta valores de vazão maiores que seu concorrente IEEE 802.11b.



**Figura 4: Atraso padrões 802.11a e 802.11b em mobilidade estática e aleatória.**

A Figura 4 demonstra a quantização dos valores de atraso da rede para os padrões IEEE 802.11a e IEEE 802.11b com as duas topologias, estática e com mobilidade randômica, é perceptível que o padrão IEEE 802.11b apresentou valores de atraso bem mais altos no cenário com mobilidade, diferente dos valores que apresentou no cenário estático, já o padrão IEEE 802.11a demonstrou melhor desempenho em ambos os cenários apresentado valores abaixo de 2 milissegundos.



**Figura 5: Cenário Estático.**



**Figura 6. Cenário com Mobilidade aleatória.**

Nas imagens 5 e 6, ilustramos a disposição de nós em dois cenários distintos apresentados neste trabalho, simulando mapas reais. A imagem 5 representa a configuração estática, onde os nós permanecem fixos, enquanto a imagem 6 retrata o cenário dinâmico com nós em movimento aleatório. Essas representações visuais fornecem insights valiosos sobre a influência da mobilidade nos padrões de comunicação sem fio, sendo essenciais para a compreensão das dinâmicas de rede em situações estáticas e em constante evolução.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O trabalho investigativo, que analisou o desempenho dos padrões de comunicação sem fio IEEE 802.11a e IEEE 802.11b em cenários Ad-Hoc com mobilidade, revelou que o padrão IEEE 802.11a demonstra um desempenho substancialmente superior ao IEEE 802.11b, apesar de ser mais antigo. Nos cenários com e sem mobilidade, o IEEE 802.11a apresentou os melhores valores de vazão e atraso em todas as avaliações, destacando sua eficácia na transmissão de dados.

Num contexto mais amplo de redes sem fio, a "maior vazão" denota a capacidade de um protocolo ou padrão transmitir dados a uma taxa superior em comparação com alternativas. Essa característica é essencial para aprimorar a eficiência e velocidade da comunicação entre dispositivos conectados à rede sem fio.

No ecossistema das redes sem fio, protocolos como Wi-Fi estabelecem as diretrizes técnicas que definem a capacidade de transmissão de dados, e uma "maior vazão" sugere que um protocolo pode suportar taxas de transferência mais elevadas.

Assim, o melhor desempenho associado a uma maior vazão nos padrões IEEE 802.11a destaca-se pela sua capacidade de proporcionar transmissões de dados mais rápidas e eficientes. Esse resultado promove uma experiência de rede mais eficaz e rápida, crucial para aplicações exigentes, como transferência rápida de arquivos, streaming de mídia de alta qualidade e suporte a múltiplos dispositivos.

A pesquisa abre espaço para futuras investigações sobre outros protocolos de roteamento, visando compreender melhor como diferentes abordagens podem influenciar o desempenho dos padrões de comunicação sem fio em cenários específicos.

## Referencias

- ALVES, Á. d. O.; OLIVEIRA, F. D. Mendonca de. Análise de desempenho dos protocolos de roteamento de redes de sensores sem fio para o monitoramento em smart grids. *Revista de Sistemas e Computação-RSC*, v. 6, n. 1, 2016.
- CARVALHO, F. B. S. de et al. Aplicações ambientais de redes de sensores sem fio. *Revista de tecnologia da informação e comunicação*, v. 2, n. 1, p. 14–19, 2012.
- CROW, B. P. et al. Ieee 802.11 wireless local area networks. *IEEE Communications magazine*, IEEE, v. 35, n. 9, p. 116–126, 1997.
- GROUP, I. . W. et al. Ieee standard for information technology–telecommunications and information exchange between systems–local and metropolitan area networks–specific requirements–part 11: Wireless lan medium access control (mac) and physical layer (phy) specifications amendment 6: Wireless access in vehicular environments. *IEEE Std*, v. 802,n. 11, 2010
- KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. *Redes de computadores e a internet. Uma nova*, 2006.
- LOUREIRO, A. A. et al. Redes de sensores sem fio. In: SN. *Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC)*. [S.l.], 2003. p. 179–226.
- NSNAM ORG. Release ns-3.27. 2017. Disponível em:  
<<https://www.nsnam.org/ns-3-27/>> .
- OLIVEIRA, F. D. et al. Qos analysis of routing protocols in wireless sensor networks in the monitoring of wind farms. In: IEEE. *Instrumentation and Measurement*

Technology Conference (I2MTC) Proceedings, 2014 IEEE International. [S.l.], 2014. p. 1059–1064.

STERNER, U.; UPPMAN, U. On the robustness of olsr in a mobile tactical scenario in rural terrain. In: IEEE. Military Communications and Information Systems (ICMCIS), 2017 International Conference on. [S.l.], 2017. p. 1–8