

ANÁLISE DE PERFORMANCE NA UTILIZAÇÃO DOS PROTOCOLOS 802.11b E 802.11g EM WLAN

SANTANA, Maximiliano Guimarães
Faculdade Municipal “Prof. Franco Montoro” (FMPFM)
max.gsantana@gmail.com

CARVALHO, Manoel Peluso Filho
Faculdade Municipal “Prof. Franco Montoro” (FMPFM)
manoel.peluso@gmail.com

RESUMO: Com o crescimento da utilização das redes sem fio (Wireless) em todos os setores da sociedade e o surgimento de vários padrões definidos pela IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) surge uma necessidade de avaliar quais padrões wireless pode ser melhor aproveitados em determinadas situações e cenários que ocorrem atualmente. Neste trabalho será realizado um experimento de desempenho somente entre os padrões 802.11b e 802.11g para que seja possível analisar o comportamento de ambos em três cenários diferentes onde haverá 1 PC servidor, 2 PCs clientes e 1 AP (Access Point) juntamente com o software livre JPERF para simular o tráfego de uma rede WLAN e verificar a transmissão de dados entre os clientes e o servidor. Após todos os testes realizados será possível mostrar a velocidade em que os dispositivos se comunicam estando conectados no mesmo padrão e principalmente quando estiverem conectados em padrões diferentes.

PALAVRAS-CHAVE: redes sem fio, padrões, tecnologia.

ABSTRACT: *With the growing use of wireless networks (wireless) in all sectors of society together with growth of the technology itself and the appearance of various standards defined by IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) arises a need to study and evaluate which wireless standards can be better used in certain situations and scenarios that occur today. In his project will be conducted a performance test only between 802.11b and 802.11g standards to be able to analyze the behavior of both in three different scenarios where there will be a PC server, two client PCs and one AP (Access Point) along with free software JPERF to simulate traffic on a WLAN network and verify the data transmission between clients and server. After all tests will be possible to show the speed which the devices communicate being connected in the same standard and especially when they are connected in different standards.*

KEYWORDS: *Wireless Network, Standards, Technology.*

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia de rede sem fio (Wireless) surgiu para complementar as redes cabeadas e para dar mais praticidade e economia na implantação de uma LAN (Local Area Network), que na maioria das vezes são muito trabalhosas de se montar devido à dificuldade de se levar cabos a todos os pontos que terão acesso a rede. Além disso, fornece uma grande comodidade aos seus usuários, que nos dias de hoje possuem vários aparelhos portáteis (Notebooks, PDAs, celulares, Smartphones, etc.)

que tem acesso às redes sem fio, possibilitando assim maior mobilidade e praticidade na sua utilização.

As tecnologias WLAN estão sendo muito utilizadas para distribuir internet em cidades do interior, empresas e ambientes domésticos, servindo como uma extensão das redes cabeadas. Dependendo da configuração e equipamento utilizado é possível alcançar com as WLANs uma taxa considerável de transmissão. Por exemplo, o padrão 802.11b alcança uma velocidade nominal de 11 Mbps enquanto o padrão 802.11g alcança a velocidade de 54Mbps.

Ambos os padrões operam na faixa de 2.4 GHz tendo como diferença principal a tecnologia de transmissão utilizada. O IEEE 802.11b utiliza o DSSS e o IEEE 802.11g utiliza o OFDM. Por ser mais eficiente o OFDM consegue fazer com que o padrão 802.11g alcance os 54Mbps nominais. Além desses dois padrões existem ainda outros que foram desenvolvidos, os mais utilizados além deles são os padrões IEEE 802.11, IEEE 802.11a e IEEE 802.11n. Estes outros padrões serão descritos com maiores detalhes no Capítulo 3.

Nesse artigo será abordado um breve conceito das redes sem fio juntamente com principais padrões utilizados atualmente e também as características de cada um. Por fim serão realizados experimento de desempenho entre os padrões 802.11b e 802.11g utilizando o software livre JPerf para realizar a simulação do tráfego de uma WLAN, podendo assim verificar o comportamento de cada padrão. Serão configurados 3 cenários com configurações alternadas, onde em cada cenário serão gerados gráficos e logs para que seja possível analisar e compilar os resultados. Todos os resultados serão descritos detalhadamente no Capítulo 5

2. Wireless Local Area Network

Uma rede wireless é uma extensão de uma rede local (Local Área Network – LAN) com fio, criando assim um novo conceito rede local sem fio (Wireless Local Área Network – WLAN). A tecnologia wireless atende as necessidades que os usuários possuem de mobilidade, além disso, é crescente o número de equipamentos de computação móveis como notebooks, smartphones e PDAs.

As redes sem fio interligam vários equipamentos fixos ou móveis através da transmissão sem fio se tornando uma alternativa altamente flexível às redes cabeadas. Elas utilizam ondas de rádio para converter os dados e realizar a comunicação entre diferentes dispositivos sem fio interligados a um ponto de acesso. De acordo com a tecnologia de transmissão utilizada e o receptor, as redes sem fio podem atingir distâncias e taxas de transmissões signi-

ficativas, além disso, a tecnologia sem fio pode ser utilizada para redes de acesso a internet chamada Wi-Fi (Wireless Fidelity), podendo levar esse tipo de comunicação a lugares onde não seria possível, utilizando uma rede cabeada. Portanto, as WLANs unem a mobilidade do usuário com conexão de velocidades elevadas em alguns casos. Segundo (IEEE 802.11a, 1996)

Porém, segundo Torres (2001), as tecnologias de comunicação sem fio não vieram para substituir a rede cabeada, e sim ser usada como extensão ou ter mais opções dentro dos sistemas de cabeamentos disponíveis.

Devido a grande evolução da tecnologia wireless, o IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) desenvolveu o padrão IEEE 802.11 especialmente para aplicações de rede sem fio com a finalidade de trazer ao mundo todos os benefícios que utilizamos atualmente.

3. Arquitetura de uma WLAN

As WLANs podem ser simples ou complexas. A conexão mais simples é a que ocorre entre dois computadores equipados com adaptador wireless, desde que seja obedecida à faixa de distância entre estes dois computadores (Junior, 2009). O padrão IEEE 802.11 é baseado em uma arquitetura do tipo célula, onde cada uma dessas células é chamada de BSS (Basic Service Set) ou Ponto Básico de Serviço. O diâmetro das células é definido como a distância entre uma estação. Vários elementos compõem a arquitetura de uma rede sem fio como pode ser visto na figura 1.

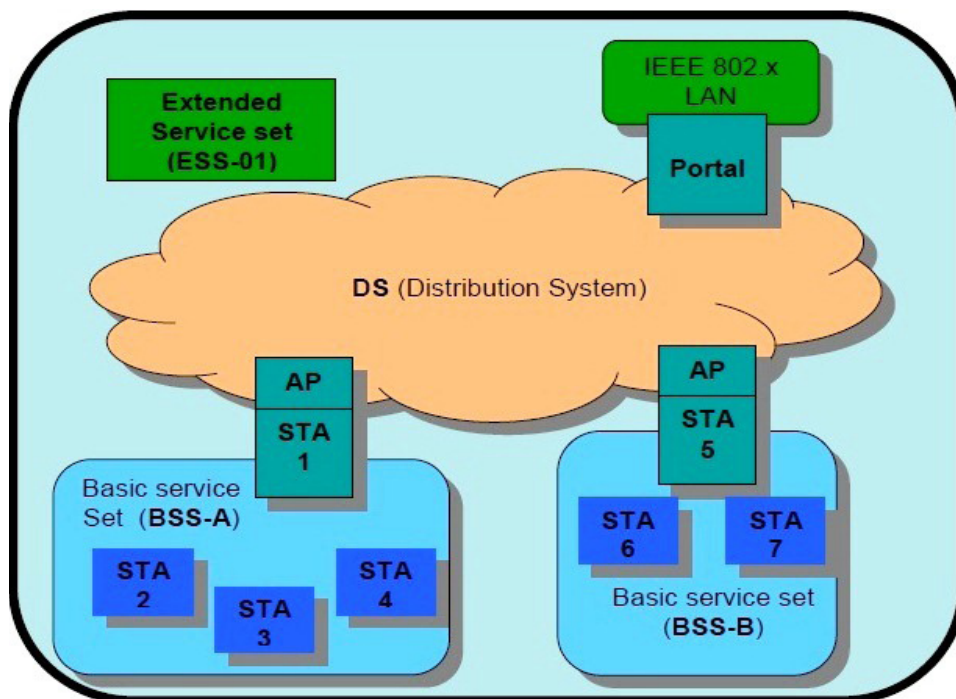


Figura 1: Arquitetura 802.11 e seus elementos.

Fonte: IEEE802.11 (1999)

a) STA (Station) – Estação

As STAs são vários clientes conectados em uma rede sem fio que se comunicam entre si dentro do BSS.

b) BSS (Basic Service Set) – Ponto Básico de Serviço

Um BSS (Basic Service Set) possui a função de controlar quando cada uma das estações pode transmitir ou receber dados dentro da BSS (Moraes, 2010).

c) DS (Distribution System) – Sistema de Distribuição

Corresponde ao local da topologia em que os APs se interconectam numa rede, podendo ser uma rede local no padrão Ethernet ou em um Backbone.

d) ESS (Extend Service Set) – Ponto de Serviço Estendido

Trata-se de um conjunto de células BSS cujos APs estão interconectados por um sistema de distribuição. Neste cenário uma STA pode se movimentar de uma célula BSS para outra permanecendo conectada a rede.

e) AP (Access Point) – Ponto de Acesso.

Os APs são equipamentos respon-

sáveis pela coordenação das STAs dentro da BSS e também pelo provimento do acesso ao DS. O AP serve como uma ponte entre uma WLAN e uma LAN.

f) Portal

O portal funciona como uma ponte entre uma WLAN e uma LAN cabeada convencional.

De acordo com a Figura 1, cada STA conecta-se em um AP por uma ligação sem fios. O conjunto formado pelo AP e as STAs numa mesma célula de cobertura forma o BSS que está conectado a outro BSS através do DS constituindo um ESS. Esse modelo de arquitetura é chamado WLAN com infraestrutura. Segundo Soares et al. (1995), um elemento fundamental na arquitetura de rede local sem fio com infraestrutura é o AP.

4. PADRÕES WIRELESS 802.11

Conforme relata Tanenbaum (2003), após a publicação do padrão 802.11 em 1997 o qual descreve seu funcionamento com velocidades de 1 Mbps e 2 Mbps nominais, sendo que posteriormente os

usuários reclamaram da baixa velocidade e assim iniciou o desenvolvimento de padrões mais rápidos. A partir dessa data o IEEE desenvolveu uma série de padrões para redes de transmissão de dados sem fio que foram evoluindo podendo atingir uma velocidade de transmissão maior.

Em julho de 1998 foi criado o padrão IEEE 802.11b que foi considerado uma evolução do IEEE 802.11, pois utilizava a mesma faixa de 2.4 GHz, mas com um tipo de modulação diferente, o que proporcionava atingir a velocidade nominal de até 11 Mbps. No ano de 1999 o padrão 802.11b foi aprovado e ao mesmo tempo foi disponibilizado o padrão 802.11a, que permitia teoricamente a operação em faixas de até 54Mbps na frequência de 5 GHz. Posteriormente o IEEE disponibilizou o padrão 802.11g. Estes dois padrões são compatíveis pois operam na mesma faixa de frequência de 2.4 GHz. O que diferencia um do outro é a tipo de modulação que eles trabalham, enquanto o IEEE 802.11b trabalha com o DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) o IEEE 802.11g trabalha com o OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Por ser mais eficiente o OFDM proporciona ao padrão 802.11g chegar também a taxa de transmissão nominal de 54Mbps.

De acordo com Duntemann's (2004), uma importante função do IEEE é desenvolver e estabelecer novos padrões tecnológicos. A padronização é importante, pois amplia o mercado e também possibilita os diferentes fabricantes a produzirem tecnologias que tenham interoperabilidade umas com as outras.

Nos itens a seguir estão detalhados os padrões e suas principais características.

4.1 IEEE 802.11

Este foi o primeiro padrão de rede sem fio criado. O IEEE 802.11 estabelece tanto os protocolos de acesso ao meio como os da camada física. Para este padrão foi utilizado como tecnologia de transmissão o DSSS. O IEEE 802.11 trabalhava nas velocidades de 1 ou 2 Mbps na frequência de 2.4 GHz (Moraes, 2010).

4.2 IEEE 802.11a

O padrão 802.11a foi aprovado em conjunto com o 802.11b no ano de 1999, ele opera na frequência de 5 GHz, que traz uma vantagem significativa em relação a frequência de 2.4 GHz, tendo em vista que a segunda é extremamente utilizada e está atualmente muito sobrecarregada (Moraes, 2010). De acordo com Rufino (2005) este padrão utiliza o sistema OFDM, possibilitando alcançar a taxa nominal de 54Mbps.

4.3 IEEE 802.11b

Este foi o primeiro padrão derivado do IEEE 802.11 pois utiliza a mesma faixa de frequência com o DSSS para operar com velocidade nominal de até 11Mbps. Este padrão ainda especifica taxas de fall back em 5.5, 2 1 Mbps (Moraes, 2010). Para atingir a velocidade nominal de 11Mbps.

4.4 IEEE 802.11g

De acordo com Moraes (2010) o IEEE 802.11g é uma extensão do IEEE 802.11b. Este padrão foi criado no ano de 2003 e tem como característica principal a compatibilidade com o IEEE 802.11b. Tendo em vista que ambos operam na frequência de 2.4 GHz é possível que eles se comuniquem mesmo estando em padrões diferentes. O IEEE 802.11g trabalha com a tecnologia de transmissão OFDM, a mesma utilizada pelo IEEE 802.11a, sendo possível chegar a velocidade nominal de 54Mbps com um fall back de 48,36,24,18,12,9,6 Mbps.

5. Metodologia do Experimento

Este experimento teve como principal objetivo a simulação do tráfego de dados em uma WLAN utilizando os padrões 802.11b e 802.11g em três cenários para que fosse possível a análise de desempenho da rede wireless nos padrões descritos acima.

Para realizar os testes foi utilizada uma sala com aproximadamente 8,00 x 5,00 metros de área, tomando-se o devido cuidado para que não houvesse nenhum

equipamento que trabalhasse na mesma frequência que os aparelhos utilizados no teste, isso para que fosse evitado algum tipo de interferência no experimento. Para a obtenção dos resultados foi utilizado um software livre do tipo cliente/servidor com interface gráfica chamada JPERF, que foi desenvolvido pelo NLANR (National Laboratory for Applied Network Research). Este software tem como função fazer a medição e simulação do tráfego de dados de uma rede através de logs e gráficos gerados por ele.

Foram simulados três cenários com diferentes configurações entre os equipamentos utilizados. Nos experimentos foi utilizado um computador para trabalhar como Servidor e outros dois para trabalhar como Cliente. Em cada PC foi instalado um adaptador Wireless USB Tp-link Wn722n 150mbps para que os clientes e o servidor tivessem o mesmo receptor de sinal. Foi utilizado um roteador wireless para criar uma rede entre todos os três PCs. Depois de todos os equipamentos estarem devidamente configurados foi utilizado o software Jperf para simular o tráfego de dados entre os clientes e o servidor e verificar o comportamento dos mesmos nos padrões 802.11b e 802.11g. Após a finalização de cada cenário o próprio software gerou gráficos e logs que puderam ser analisados e comparados podendo assim verificar a desempenho da rede conforme descrito no capítulo 5.

5.1 Cenário do experimento

Os experimentos foram realizados em uma sala com aproximadamente 40m² onde os equipamentos foram distribuídos conforme descreve a figura 2, abaixo:

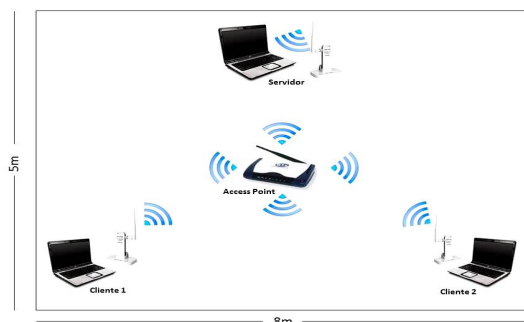


Figura 2: Cenário do experimento.

5.2 Equipamentos e softwares utilizados

Segue abaixo descrição dos equipamentos com os softwares utilizados:

Software - Foi utilizado o software livre do tipo cliente/servidor chamado JPERF, que tem a função de testar e medir o tráfego de uma rede. Para utilizar o Jperf é necessário que o mesmo seja iniciado com Servidor em um PC e como Cliente em outro. Depois de conectados, o cliente enviará o tráfego TCP ou UPD (dependendo do objetivo do teste) para o servidor por uma quantidade de tempo definida pelo próprio software. Após o término do teste é mostrado um gráfico com a quantidade total de dados transferidos e a velocidade média atingida durante o teste, sendo possível também a geração de logs em arquivos de texto. Neste experimento foi utilizado o Jperf na versão 2.0.2 em todos os computadores.

Servidor - Notebook Acer E-machines E725, S.O. Windows 7 Professional com 2GB de memória, processador Intel® Pentium® Dual Core T4200 2.00 GHZ.

Cliente 1 - Desktop HP, S.O. Windows XP profissional com 2GB de memória, processador Pentium® Dual Core T4100 2.00 GHZ.

Cliente 2 - Notebook LG R510, S.O. Windows 7 Professional com 2GB de memória, processador Intel® Pentium® Dual Core T3400 2.17 GHZ.

AP - Super Access Point GTS 54 Mbps compatível com os padrões 802.11b/g.



Figura 3: Roteador Wireless GTS.
Fonte: GTS Network.



Figura 4: Adaptadores Wireless TP-Link.

Adaptadores Wireless - 3 Adaptadores Wireless USB Tp-link Wn722n 150mbps, compatível com os padrões 802.11b/g/n.

5.3 Procedimento do Experimento

Os experimentos foram realizados em três cenários com configurações diferentes, porém todos os testes foram realizados no mesmo dia e com os mesmos equipamentos. Foi utilizado em cada computador um Adaptador Wireless USB Tp-link Wn722n, para que não houvesse diferença entre as placas wireless on-board dos notebooks.

As figuras a seguir demonstram as configurações dos equipamentos.

A figura 5 mostra a tela de configuração do AP, onde é possível alterar as

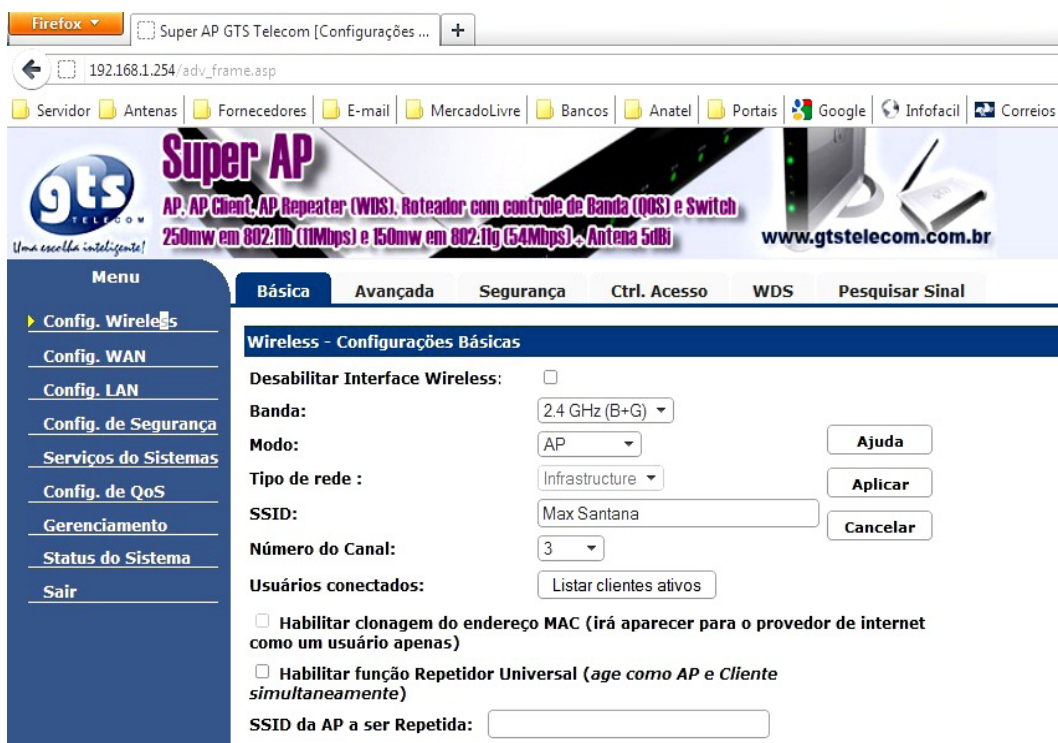


Figura 5: Tela de configuração do AP.

configurações do mesmo como o padrão em que ele irá distribuir o sinal (802.11b, 802.11b ou 802.11b/g), canal de comunicação, segurança e também a potência de saída do sinal wireless.

A figura 6 mostra as configurações do servidor e dos clientes, onde é mostrado o IP de cada um, modo de conexão e o canal em que eles estão conectados.

5.3.1 Configuração dos cenários

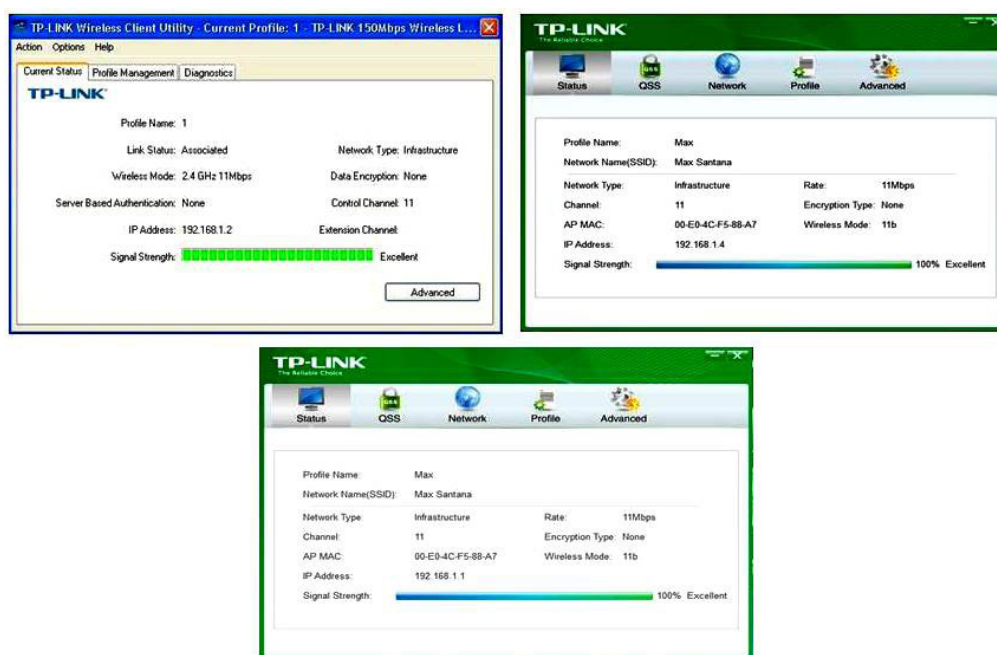


Figura 6: Tela de configuração dos Clientes e Servidor.

Fonte: Software TP- Link.

A tabela 1 mostra de forma simplificada as configurações de cada equipamento nos três cenários, nos itens abaixo

será descrito como foi realizado cada teste deste experimento.

Tabela 1 – Configuração do modo de operação de cada cenário.

	AP	Servidor	Cliente 1	Cliente 2
1º cenário	802.11b	802.11b	802.11b	802.11b
2º cenário	802.11g	802.11g	802.11g	802.11g
3º cenário	802.11b/g	802.11b/g	802.11b	802.11g

5.3.2 1º Cenário

No 1º cenário o AP foi configurado para que distribísse os sinais apenas no padrão 802.11b, desta forma tanto o servidor quanto os clientes também foram configurados para se conectar no mesmo padrão. Depois foi utilizado o software Jperf para simular o tráfego da WLAN entre os clientes e o servidor durante 1800 segundos (30 minutos).

5.3.3 2º cenário

No 2º cenário a configuração do AP foi alterada para que o mesmo distribu-

ísse os sinais apenas no padrão 802.11g. Da mesma forma o servidor e os clientes tiveram as configurações alteradas para se conectar no mesmo padrão. Foi utilizado novamente o software Jperf para simular o tráfego da WLAN entre os clientes e o servidor durante 1800 segundos (30 minutos).

5.3.4 3º cenário

No 3º cenário o AP e o Servidor foram configurados para que operasse no modo b/g (automático), isso para que os (equipamentos) pudessem escolher em que modo eles iriam se conectar, ou seja, no padrão 802.11b ou 802.11g. Mas para realizar

o teste foi preciso realizar uma alteração nas configurações dos clientes.

O Cliente 1 foi configurado para trabalhar no modo 802.11b e o Cliente 2 configurado para trabalhar no modo 802.11g. Dessa maneira, seria possível perceber em qual velocidade os clientes iriam se comunicar com o Servidor. Novamente foi utilizado o software Jperf para realizar o teste com mesmo tempo de duração dos demais cenários.

6. RESULTADOS

Após a realização dos experimentos nos três cenários, o software Jperf gerou gráficos e logs. Com os resultados obtidos, foi possível mostrar o tempo de cada experimento e também a quantidade total de dados transferidos e a velocidade média em que os clientes se comunicaram com o servidor. Nos itens a seguir serão apontados os resultados obtidos em cada cenário.

6.1 Resultados no 1º cenário

A tabela 2 ilustra as configurações e as taxas obtidas no 1º cenário.

Tabela 2 – Configuração do modo de operação de cada cenário.

1º Cenário	Modo de Operação	Tempo (segundos)	Transferência Total	Taxa média
AP	IEEE 802.11b	N/A	N/A	N/A
Servidor	IEEE 802.11b	N/A	N/A	N/A
Cliente 1	IEEE 802.11b	1800	255952 KBytes	1165 Kbits/sec
Cliente 2	IEEE 802.11b	1800	289656 KBytes	1318 Kbits/sec

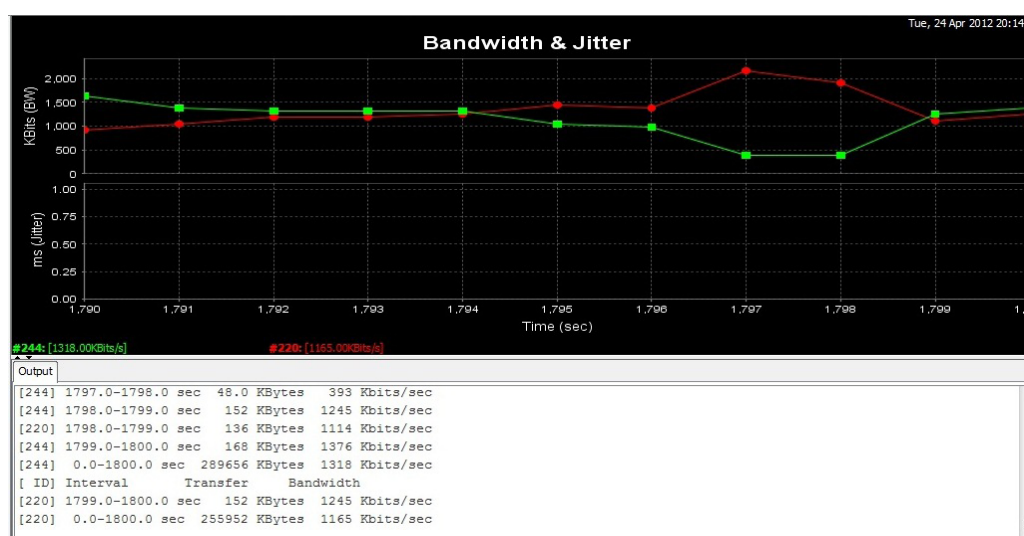


Figura 7: Gráfico do servidor no 1º cenário.

Fonte: Software JPERF 2.0.2

De acordo com a Figura 7 e a tabela 2, foi verificado que o Cliente 1 transferiu em 1800 segundos a quantidade de 255952 KBytes a uma velocidade média de 1165 Kbits/sec e o Cliente 2 transferiu no mesmo tempo a quantidade de 289656

KBytes a uma velocidade média de 1318 Kbits/sec.

Neste experimento o cliente e os servidores estavam configurados no padrão 802.11b.

6.2 Resultados no 2º cenário

A tabela 3 ilustra as configurações e as taxas obtidas no 2º cenário.

Observa-se na figura 8 e tabela 3, que o Cliente 1 transferiu em 1800 segundos a quantidade de 1074424 KBytes a

um a velocidade média de 4890 Kbits/sec e o Cliente 2 transferiu no mesmo tempo a quantidade de 1509680 KBytes a uma velocidade média de 6871 Kbits/sec. Neste cenário todos os PCs estavam configurados no padrão 802.11g.

Tabela 3 – Configuração dos equipamentos do 2º Cenário

2º Cenário	Modo de Operação	Tempo (segundos)	Transferência Total	Taxa média
AP	IEEE 802.11g	N/A	N/A	N/A
Servidor	IEEE 802.11g	N/A	N/A	N/A
Cliente 1	IEEE 802.11g	1800	1074424 KBytes	4890 Kbits/sec
Cliente 2	IEEE 802.11g	1800	1509680 KBytes	6871 Kbits/sec

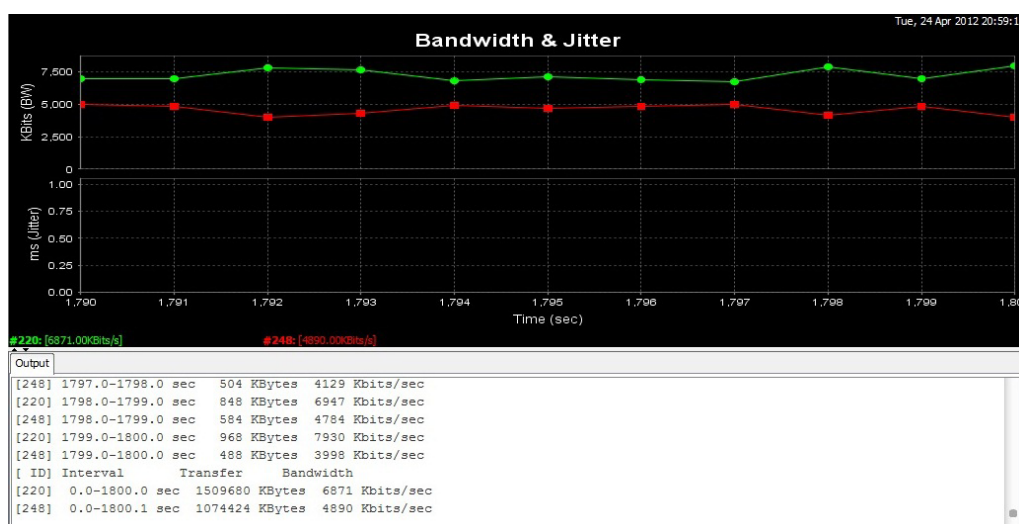


Figura 8: Gráfico do servidor no 2º cenário.

Fonte: Software JPERF 2.0.2

6.3 Resultados no 3º cenário

A tabela 4 ilustra as configurações e as taxas obtidas no 3º cenário.

Conforme mostra a figura 9 e a tabela 4, foi verificado que o Cliente 1 trans-

feriu em 1800 segundos a quantidade de 440256 KBytes a uma velocidade média de 2004 Kbits/sec e o Cliente 2 transferiu no mesmo tempo a quantidade de 433736 KBytes a uma velocidade média de 1974 Kbits/sec.

Tabela 4 – Configuração dos equipamentos do 3º Cenário

3º Cenário	Modo de Operação	Tempo (segundos)	Transferência Total	Taxa média
AP	IEEE 802.11b/g	N/A	N/A	N/A
Servidor	IEEE 802.11b/g	N/A	N/A	N/A
Cliente 1	IEEE 802.11b	1800	440256 KBytes	2004 Kbits/sec
Cliente 2	IEEE 802.11g	1800	433736 KBytes	1974 Kbits/sec

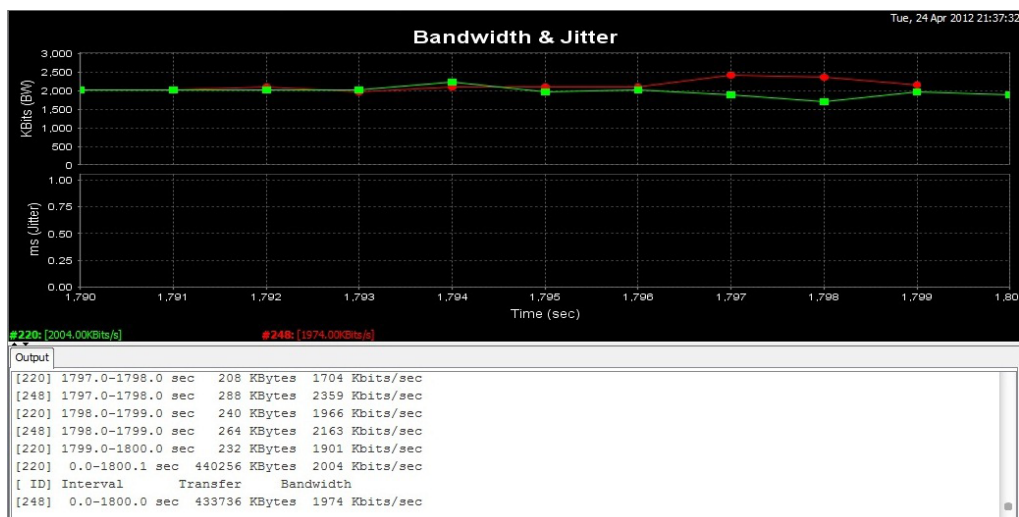


Figura 9: Gráfico do servidor no 3º cenário.

Fonte: Software JPERF 2.0.2

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização de todos os testes nos três cenários descritos anteriormente foi possível perceber algumas características que diferem cada padrão wireless, no caso deste experimento os padrões 802.11b e 802.11g.

No 1º cenário com todos os PCs e o AP estando na banda B o total de dados transmitidos e a velocidade média de transferência entre os clientes e o servidor se mantiveram estáveis durante todo o teste (30 minutos).

No 2º cenário com os clientes e o servidor conectados na banda G as velocidades médias alcançadas pelos clientes tiveram uma diferença considerável entre eles, o Cliente 1 conseguiu uma velocidade média de 4890 Kbps/sec e o Cliente 2 alcançou a velocidade de 6871 Kbps/sec.

No 3º cenário com o AP e o Servidor configurados para operar no modo 802.11b/g (automático), foi possível perceber que os clientes se conectaram preferencialmente no modo 802.11g. Quando as configurações dos Clientes 1 e 2 foram alteradas, passando a operar respectivamente nos padrões 802.11b e 802.11g. Após o término dos experimentos nesse cenário, resultados obtidos pelo Jperf mostraram que para não ter que enviar os dados em diferentes modos para os clientes, o AP “escolheu” o modo 802.11b para fazer transmissões

são dos dados durante todo o experimento mesmo o Cliente 2 estando conectado no padrão 802.11g. Ao analisar o gráfico gerado pode-se perceber que os resultados foram superiores ao do 1º cenário e muito inferiores ao do 2º cenário, comprovando assim que quando o AP está em uma rede onde existem clientes conectados em diferentes padrões ele determina que a comunicação seja feita de acordo com a menor velocidade de transmissão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

802.11. ANSI/IEEE Std 802.11, 1999 Edition. **Wireless Lan Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications**, 1999.

IEEE802.11a. IEEE Doc. IEEE P802.11-96/49C. **802.11 Tutorial – 802.11 MAC Entity: MAC Basic Access Mechanism Privacy and Access Control**. EUA, 1996.

MORAES, Alexandre Fernandes, **Redes sem Fio, Instalação, Configuração e Segurança – Fundamentos**, São Paulo, 2010, Editora Érica Ltda.

DUNTEMANN'S, Jeff. **Wi-Fi Guide**. Arizona (EUA), Paraglyph Press, 2nd Edition, 2004.

JUNIOR, Almir Wirth Lima, **Rede de Computadores: Tecnologia e Convergência das redes**, Rio de Janeiro, 2009.

SOARES, Luiz F. Gomes; LEMOS Guido; COLCHER Sérgio. **Redes de Computadores Das LANs, MANs e WANs às Redes ATM**. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1995.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**. Rio de Janeiro, Editora Campus, 4ª Edição, 2003.

TORRES, Gabriel. **Redes de Computadores Curso Completo**. Rio de Janeiro, Axcel Books do Brasil Editora, 1ª Edição, 2001.

Maximiliano Guimarães Santana é estudante universitário do curso de Ciência da Computação na Faculdade Municipal “Prof. Franco Montoro”, possuindo experiência na área de redes de computadores, a 2 anos atuando como analista de redes em uma empresa prestadora de serviços de telecomunicação na cidade de Mogi-Guaçu, sendo responsável por manter a estrutura da rede , instalação e configuração de servidores, instalação de redes wireless e cabeadas em ambientes empresariais e domésticos.

Manoel Peluso Carvalho é mestre em Gestão de Redes de Telecomunicações pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUCCAMP) e especialista em Analise de Sistemas Cliente Servidor pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas(PUCCAMP). Atua como professor universitário na Faculdade Municipal “Professor Franco Montoro” (Mogi Guaçu – SP) , no Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal (Espírito Santo do Pinhal – SP) e FATEC Arthur de Azevedo (Mogi Mirim – SP).