

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS**

**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, AMBIENTAIS E DE  
TECNOLOGIAS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO-SENSU***

**MARCELO APARECIDO MORALES**

**POLÍTICA DE PRIORIZAÇÃO DE ACESSO DE  
ESTAÇÕES COM TAXAS DIFERENTES PARA  
REDES 802.11 BASEADA NA SNR**

**PUC CAMPINAS**

**2008**

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS**

**GRÃO-CHANCELER**

Dom Bruno Gamberini

**MAGNÍFICO REITOR**

Prof. Pe. Wilson Denadai

**VICE-REITORA**

Prof<sup>a</sup>. Dra. Ângela de Mendonça Engelbrecht

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**

Prof<sup>a</sup>. Dra. Vera Engler Cury

**DIRETOR DO CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, AMBIENTAIS E DE  
TECNOLOGIAS**

Prof. Dr. Orandi Mina Falsarella

**COORDENADOR DO PROGRAMA DE  
PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM ENGENHARIA ELÉTRICA  
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO DE REDES DE  
TELECOMUNICAÇÕES**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GESTÃO DE REDES E SERVIÇOS**

Ficha Catalográfica  
Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas e  
Informação – SBI – PUC-Campinas

t384 Morales, Marcelo Aparecido.  
M828p Política de priorização de acesso de estações com taxas diferentes para  
redes 802.11  
baseada na SNR / Marcelo Aparecido Morales. - Campinas: PUC-Campinas,  
2008.  
p.  
Orientadora: Norma Reggiani.  
Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de Campinas,  
Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias, Pós-Graduação em Engenharia  
Elétrica.  
Inclui bibliografia.  
1. Telecomunicações. 2. Engenharia elétrica. 3. Sistemas de comunicação  
sem fio. 4.  
Interconexão de rede (Telecomunicações). I. Reggiani, Norma. II. Pontifícia  
Universidade Católica de Campinas. Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias.  
Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. III. Título.

22.ed.CDD - t384

**MARCELO APARECIDO MORALES**

**POLÍTICA DE PRIORIZAÇÃO DE ACESSO DE  
ESTAÇÕES COM TAXAS DIFERENTES PARA  
REDES 802.11 BASEADA NA SNR**

Dissertação apresentada como exigência para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica, ao Programa de Pós-Graduação na área de concentração Gestão de Redes e Serviços, Pontifícia Universidade Católica de Campinas.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dra. Norma Reggiani

**PUC CAMPINAS**

**2008**

À minha esposa Ticiania, que sempre me apoiou em todos os momentos em que eu precisei e cuja paciência e compreensão foram fundamentais para a realização deste sonho.

## AGRADECIMENTOS

A Deus,  
Por me dar inteligência, paciência e perseverança para concluir este mestrado.

À Prof. Dra. Norma Reggiani,  
Minha orientadora que muito me orientou e ensinou, sempre com serenidade e bom senso.

Ao Prof. Dr. Omar Branquinho,  
Pela forma como conduziu a coordenação do mestrado, sempre encontrando soluções para os impasses e ajudando todos os alunos, pelas explicações sobre o tema do meu trabalho e pela orientação ao longo do curso.

À Prof. Mestre Débora Meyhofer Ferreira,  
Que me explicou os fundamentos necessários para a realização do meu trabalho, sempre com boa vontade e disposição.

Aos meus amigos Alberto Lotito, Ranieri Marinho e Fernando Lino,  
Pelas aulas informais, pela ajuda nos trabalhos de grupo, pelas piadas, discussões, desabafos e palhaçadas.

Aos doutores e mestres professores,  
Pelas aulas ministradas.

Ao pessoal da secretaria,  
Em especial à Fátima, que sempre me atendeu de forma agradável e resolveu todos os meus problemas administrativos.

Aos demais amigos e amigas da turma,  
Que foram companhias agradáveis e me ensinaram várias coisas novas.

À minha família,  
Que me apoiou, compreendeu e me acompanhou ao longo desta jornada.

Aos meus amigos de trabalho,  
Leonardo (Zé nariga), Guilherme (Zip), Imazava, Roney, Henry, Domenico, Vitor (Belfa), João, Adalbero, Catia, Sartori e o Murilo pela força e ajuda nas pesquisas, laboratórios, contatos.

Aos demais amigos de trabalho,  
Que me apoiaram e compreenderam eventuais atrasos e ausências.

"A satisfação está no esforço feito para alcançar o objetivo, e não em tê-lo alcançado."

Mahatma Gandhi  
(1869-1948)

## RESUMO

Morales, Marcelo Aparecido. Política de Priorização de Acesso de Estações com Taxas Diferentes para Redes 802.11 Baseada na SNR. Folhas de acordo com ficha catalográfica. nnnf. Dissertação (Mestrado em Gestão de Redes de Telecomunicações) – Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias, Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Campinas, 2007

Redes 802.11 apresentam uma anomalia quando existem estações com diferentes taxas conectadas a um mesmo ponto de acesso. Estações com boa SNR (*Signal-to-Noise Rate*) obtêm um desempenho pior que estações com pior SNR. Esta condição é esperada de forma agravada em redes públicas com vários usuários se conectando a diferentes taxas. Neste trabalho é proposta uma política através da variação da janela de contenção, levando em consideração a SNR e a condição de propagação do local. Com a política a ser apresentada é possível controlar a taxa de transmissão em função da SNR, criando uma possibilidade não oferecida pela rede 802.11.

### Palavras-Chave

WLAN, MAC 802.11, Anomalia, SNR, bit rate.



# ABSTRACT

<Morales, Marcelo Aparecido. Policy of Priority of Access for stations with different rates in 802.11b networks based on SNR. Folhas de acordo com ficha catalográfica. nnnf. Dissertação (Mestrado em Gestão de Redes de Telecomunicações) – Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias, Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Campinas, 2007.

*The IEEE 802.11 wireless local area network presents a MAC anomaly when stations with different bit rates are connected in the same Access Point. Stations with high SNR have worst performance than stations with low SNR. This condition is worse in PWLANs (Public Wireless Local Area Network) with users connecting with different bit rates. This paper proposes a policy that uses the SNR and the condition of propagation to control users Contention Window. With this policy it is possible to control the Bit Rate, which is not possible in the 802.11 networks.*

## **Key Words**

*WLAN, Wireless MAC, 802.11b, Anomaly, SNR, bit rate.*

# LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- FLUXO BÁSICO DE TRANSMISSÃO DE PACOTES COM O PROTOCOLO CSMA/CA..	22
FIGURA 2 - AMBIENTE PARA SIMULAÇÃO DA ANOMALIA.....	24
FIGURA 3: DIVISÃO DA ÁREA TOTAL EM FUNÇÃO DA TAXA DE CONEXÃO .....	29
FIGURA 4: ICONE PARA ACESSAR O VMWARE SERVER.....	71
FIGURA 5: OPÇÃO LOCAL HOST PARA EXECUTAR O SOFTWARE.....	72
FIGURA 6: INICIANDO A MÁQUINA VIRTUAL NO VMWARE SERVER .....	73
FIGURA 7: LINUX INICIADO COM A TELA DE LOGIN .....	73
FIGURA 8: DISTRIBUIÇÃO DE USUÁRIOS- AMBIENTE ABERTO.....	33
FIGURA 9: EXEMPLO DE SIMULAÇÃO .....	34
FIGURA 10: DISTRIBUIÇÃO DAS ESTAÇÕES POR TAXA – AMBIENTE SEMI ABERTO .....	42
FIGURA 11: DISTRIBUIÇÃO DAS ESTAÇÕES POR TAXA – AMBIENTE FECHADO.....	50

# LISTA DE TABELAS

TABELA 1: EFICIÊNCIA NA TAXA DE TRANSMISSÃO 802.11B.....	24
TABELA 2: RELAÇÃO TAXA DE CONEXÃO X DISTÂNCIA .....	28
TABELA 3: PERCENTUAL DE USUÁRIOS CONECTADOS EM AMBIENTE ABERTO .....	30
TABELA 4: PERCENTUAL DE USUÁRIOS CONECTADOS EM AMBIENTE SEMI ABERTO .....	30
TABELA 5: PERCENTUAL DE USUÁRIOS CONECTADOS EM AMBIENTE FECHADO.....	31
TABELA 6: NÚMERO DE USUÁRIOS CONECTADOS POR TAXA EM AMBIENTE ABERTO .....	32
TABELA 7: POLÍTICA DE PRIVILÉGIO UTILIZADA EM AMBIENTE ABERTO.....	39
TABELA 8: RESULTADO DAS SIMULAÇÕES POR TAXA – AMBIENTE ABERTO .....	40
TABELA 9: NÚMERO DE USUÁRIOS CONECTADOS POR TAXA EM AMBIENTE SEMI ABERTO .....	41
TABELA 10: POLÍTICA DE PRIVILÉGIO UTILIZADA EM AMBIENTE SEMI ABERTO .....	47
TABELA 11: RESULTADO DAS SIMULAÇÕES POR TAXA – AMBIENTE SEMI ABERTO .....	48
TABELA 12: NÚMERO DE USUÁRIOS CONECTADOS POR TAXA EM AMBIENTE FECHADO .....	49

**TABELA 13: POLÍTICA DE PRIVILÉGIO UTILIZADA EM AMBIENTE FECHADO 55**

**TABELA 14: RESULTADO DAS SIMULAÇÕES POR TAXA – AMBIENTE  
FECHADO.....56**

**TABELA 15: RESUMO DAS SIMULAÇÕES – MELHOR DESEMPENHO POR  
AMBIENTE.....58**

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: SIMULAÇÃO SEM MANIPULAÇÃO DA CW .....	26
GRÁFICO 2: SIMULAÇÃO COM MANIPULAÇÃO DA CW.....	27
GRÁFICO 3: RESULTADO DA SIMULAÇÃO SEM ALTERAÇÃO DE VALORES NA CW .....	35
GRÁFICO 4: SIMULAÇÃO DE CONEXÃO AMBIENTE ABERTO – SEM APLICAÇÃO DE POLÍTICA .....	35
GRÁFICO 5: RESULTADO DA SIMULAÇÃO PRIVILEGIANDO ESTAÇÕES CONECTADAS A 11 MBPS .....	36
GRÁFICO 6: RESULTADO DA SIMULAÇÃO PRIVILEGIANDO ESTAÇÕES CONECTADAS A 5.5 MBPS .....	37
GRÁFICO 7: RESULTADO DA SIMULAÇÃO PRIVILEGIANDO ESTAÇÕES CONECTADAS A 2 MBPS .....	37
GRÁFICO 8: SIMULAÇÃO PRIVILEGIANDO ESTAÇÕES CONECTADAS A 2 MBPS.....	38
GRÁFICO 9: SIMULAÇÃO PRIVILEGIANDO ESTAÇÕES CONECTADAS A 1 MBPS.....	39
GRÁFICO 10: SIMULAÇÃO EM AMBIENTE SEMI ABERTO – SEM APLICAÇÃO DE POLÍTICA.....	43
GRÁFICO 11: SIMULAÇÃO DE CONEXÃO EM AMBIENTE SEMI ABERTO – SEM APLICAÇÃO DE POLÍTICA .....	44

<b>GRÁFICO 12: SIMULAÇÃO EM AMBIENTE SEMI ABERTO – PRIVILEGIANDO 11 MBPS.....</b>	<b>45</b>
<b>GRÁFICO 13: SIMULAÇÃO EM AMBIENTE SEMI ABERTO – PRIVILEGIANDO 5.5 MBPS.....</b>	<b>45</b>
<b>GRÁFICO 14: SIMULAÇÃO EM AMBIENTE SEMI ABERTO – PRIVILEGIANDO 2 MBPS.....</b>	<b>46</b>
<b>GRÁFICO 15: SIMULAÇÃO EM AMBIENTE SEMI ABERTO – PRIVILEGIANDO 2 MBPS – CENÁRIO INTERMEDIÁRIO.....</b>	<b>47</b>
<b>GRÁFICO 16: SIMULAÇÃO EM AMBIENTE SEMI ABERTO – PRIVILEGIANDO 1 MBPS.....</b>	<b>47</b>
<b>GRÁFICO 17: SIMULAÇÃO EM AMBIENTE FECHADO – SEM APLICAÇÃO DE POLÍTICA.....</b>	<b>51</b>
<b>GRÁFICO 18: SIMULAÇÃO DE CONEXÃO EM AMBIENTE FECHADO – SEM APLICAÇÃO DE POLÍTICA .....</b>	<b>52</b>
<b>GRÁFICO 19: SIMULAÇÃO EM AMBIENTE FECHADO – PRIVILEGIANDO 11 MBPS.....</b>	<b>53</b>
<b>GRÁFICO 20: SIMULAÇÃO EM AMBIENTE FECHADO – PRIVILEGIANDO 5.5 MBPS.....</b>	<b>53</b>
<b>GRÁFICO 21: SIMULAÇÃO EM AMBIENTE FECHADO – PRIVILEGIANDO 5,5 MBPS – CENÁRIO INTERMEDIÁRIO .....</b>	<b>54</b>
<b>GRÁFICO 22: SIMULAÇÃO EM AMBIENTE FECHADO – PRIVILEGIANDO 2 MBPS.....</b>	<b>54</b>
<b>GRÁFICO 23: SIMULAÇÃO EM AMBIENTE FECHADO – PRIVILEGIANDO 1 MBPS.....</b>	<b>55</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACK	=	Acknowledgment
AP	=	Access Point
CBR	=	Constant Bit Rate
CSMA/CA	=	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
CW	=	Contention Window
DCF	=	Distributed Coordination Function
DIFS	=	Distributed Inter Frame Space
IEEE	=	Institute of Electrical and Electronics Engineers
MAC	=	Media Access Control
Mbps	=	MegaBit per second
NS	=	Network Simulator
PC	=	Point Coordinator
PCF	=	Point Coordination Function
PWLAN	=	Public Wireless Local Area Network
QoS	=	Quality of Service
SIFS	=	Short Inter Frame Space
SNR	=	Signal –to-Noise Ratio
SOHO	=	Small Office Home Office
WLAN	=	Wireless Local Area Network

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>18</b>
1.1	Contextualização do Problema .....	18
1.2	Justificativa para o desenvolvimento do trabalho.....	18
1.3	Objetivos do trabalho.....	19
1.4	Método de pesquisa .....	19
1.5	Resultados esperados .....	19
1.6	Delimitação da pesquisa.....	20
1.7	Organização da dissertação .....	20
<b>2</b>	<b>MAC 802.11</b> .....	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>A ANOMALIA NA MAC 802.11</b> .....	<b>23</b>
3.1	A anomalia .....	23
3.2	Trabalhos relacionados .....	26
<b>4</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE</b> .....	<b>28</b>
4.1	Delimitação da pesquisa.....	28
<b>5</b>	<b>POLÍTICA DE PRIVILÉGIO DE ACESSO À REDE</b> .....	<b>32</b>
5.1	Definição da política para ambiente aberto.....	32
5.2	Definição da política para ambiente semi aberto.....	41
5.3	Definição da política para ambiente fechado.....	49
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>58</b>



<b>6.1</b>	<b>Conclusões finais .....</b>	<b>58</b>
<b>6.2</b>	<b>Contribuição .....</b>	<b>59</b>
<b>6.3</b>	<b>Cenários e trabalhos futuros .....</b>	<b>59</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>60</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS .....</b>	<b>61</b>
	<b>APÊNDICE A – Script utilizado para as simulações em ambiente aberto...</b>	<b>62</b>
	<b>APÊNDICE B – Ambiente tecnológico utilizado nas simulações.....</b>	<b>71</b>

## INTRODUÇÃO

### 1.1 Contextualização do Problema

Com a popularização dos computadores portáteis e do acesso à Internet, a demanda para conectar esses computadores aumenta a cada dia, além disso, todos os usuários desejam uma conexão com qualidade e velocidade [TANENBAUM, 2003]. Para redes 802.11 [IEEE, 1999] existe uma anomalia [HEUSSE, 2003], demonstrada em [BRANQUINHO, 2004], que compromete fortemente o desempenho de toda a rede quando usuários com taxas diferentes estão utilizando o mesmo AP (*Access Point*). Em uma WLAN (*Wireless Local Area Network*) tradicionalmente utilizada em SOHO (*Small Office Home Office*) esse problema existe, mas não tem grande impacto por conta da pouca mobilidade dos usuários que estão conectados.

Já em redes públicas que utilizam WLAN, denominadas PWLAN (*Public WLAN*) existe maior mobilidade dos usuários conectados e nesse caso a anomalia da MAC (*Media Access Control*) 802.11 pode causar deterioração de desempenho da rede.

### 1.2 Justificativa para o desenvolvimento do trabalho

Em [BRANQUINHO, 2006] é proposta uma forma de sanar essa anomalia através da utilização de janela de contenção diferenciada para os usuários com taxas de transmissão diferentes. Entretanto, o trabalho citado trata apenas da variação da janela, sem propor nenhuma política para variação da janela de contenção. Analisar o impacto da alteração dos valores de CW (*Contention Window*), criando políticas que solucionem a anomalia melhorando o desempenho da rede tomando como base os ambientes aberto, semi aberto e fechado justifica o desenvolvimento deste trabalho.

### 1.3 Objetivos do trabalho

Criar políticas de acesso através da manipulação dos valores de CW que privilegiem determinadas estações, independentemente da taxa de conexão a fim de atender requisitos de rede, QoS (*Quality of Service*), etc.

### 1.4 Método de pesquisa

A pesquisa científica pode ser classificada em três tipos: a bibliográfica, a descritiva e a experimental. [CERVO, 2002] O método de pesquisa abordado nessa dissertação é constituído pela pesquisa bibliográfica e experimental.

A pesquisa na sua fase inicial apresenta um estudo bibliográfico para a fundamentação teórica e conhecimento da tecnologia abordada. Nesta parte foi estudado o funcionamento da MAC 802.11 que é a sub-camada da camada 2 (camada de acesso) do modelo OSI, a anomalia contida neste protocolo e pesquisas realizadas anteriormente que serviram como fonte para a realização deste trabalho.

Em uma segunda fase foram realizadas simulações no laboratório de redes da PUC de Campinas utilizando o software NS (*Network Simulator*) na versão 2.29. Foram criados scripts [Apêndice A] capazes de simular uma rede wireless com dispositivos conectados a um AP (*Access Point*) em quantidade e velocidade de conexão de acordo com cada ambiente estudado.

### 1.5 Resultados esperados

Por meio da análise dos dados obtidos nas simulações pretende-se mostrar que é possível a criação de uma política que permita o controle de acesso das estações à rede obedecendo a critérios como velocidade de conexão, necessidade de banda, etc. alterando-se os valores de CW.

Este trabalho contribui para mostrar que é possível a criação da política de controle de acesso baseado na SNR (*Signal to Noise ratio*) permitindo aos

administradores de rede diminuir as restrições da anomalia existente na MAC 802.11 tendo mais controle e autonomia sobre redes wireless.

## **1.6 Delimitação da pesquisa**

O trabalho restringe-se a comprovar através das simulações que a alteração dos valores da CW para os ambientes propostos neste trabalho permitem alterar a quantidade de dados recebidos pelas estações conectadas e corrigir a anomalia existente na MAC 802.11.

O protocolo de transferência de dados utilizado neste trabalho é o padrão IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) 802.11, visto que atualmente esse padrão é bastante utilizado no mercado.

## **1.7 Organização da dissertação**

A dissertação está estruturada em 5 capítulos. O capítulo 1 é a Introdução, onde é fornecida uma visão geral sobre o trabalho, contextualização do problema, as motivações para a elaboração da pesquisa, assim como os objetivos, métodos, resultados esperados e a sua estrutura.

O capítulo 2 descreve a MAC 802.11 de forma sucinta destacando os pontos de interesse do presente trabalho.

No capítulo 3 é descrita a anomalia existente na MAC 802.11 e estudos anteriores que fundamentaram o presente trabalho..

O capítulo 4 aborda a metodologia e o ambiente montado para a execução do presente trabalho. Também são apresentados os resultados obtidos e suas respectivas análises.

Finalmente, no capítulo 5 são apresentadas as conclusões obtidas neste estudo, bem como propostas para novos trabalhos.

## MAC 802.11

A definição do IEEE 802.11 na camada MAC define dois métodos de acesso: O DCF (*Distributed Coordination Function*) que é executado de maneira distribuída utilizando o protocolo CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*) para disputa de acesso ao meio e o PCF (*Point Coordination Function*) que permite acesso arbitrário através do uso do PC (*Point Coordinator*) residente no AP. O método PCF não é utilizado atualmente e não será foco deste trabalho.

O método DCF é baseado na técnica de acesso CSMA/CA. Para entender o funcionamento do protocolo vamos considerar a estação A como sendo a estação que deseja transmitir e a estação B, a estação que receberá os dados. A estação A que deseja transmitir os dados ouve o canal e aguarda por um período de tempo DIFS (*Distributed Inter Frame Space*) e então transmite se o meio estiver livre. Se o pacote for recebido corretamente, a estação B envia um pacote ACK (*Acknowledgment*) depois de aguardar outro período fixo de tempo SIFS (*Short Inter Frame Space*). Se o pacote ACK não for recebido pela estação A, a mesma assumirá que houve colisão. O host A enviará o pacote novamente quando o canal estiver livre para um novo DIFS aumentado por um aumento aleatório de tempo.

A Figura 1 ilustra as etapas de transmissão de um pacote de dados utilizando o protocolo CSMA/CA:

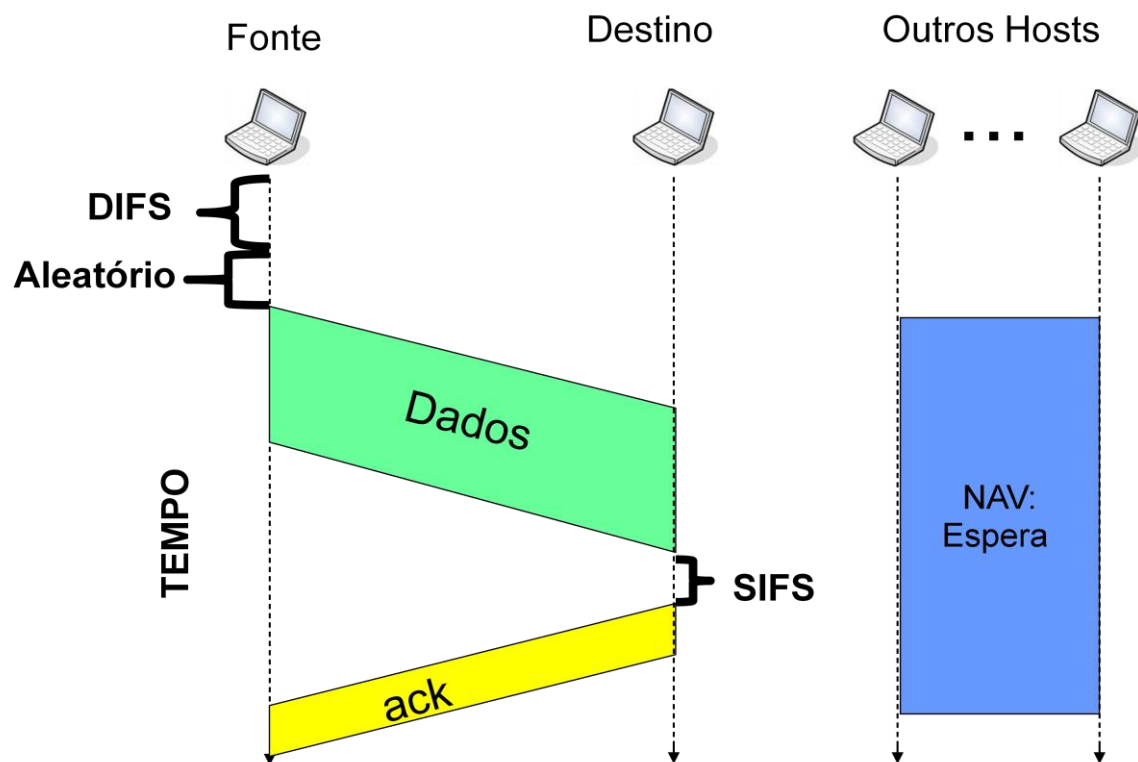


Figura 1- Fluxo básico de transmissão de pacotes com o protocolo CSMA/CA.

## A ANOMALIA NA MAC 802.11

### 1.8 A anomalia

A razão para a anomalia é que na forma DCF da WLAN com a técnica de acesso CSMA/CA, existe um valor randômico exponencial como parâmetro de espera (*Backoff Window*) para transmissão caso o meio esteja ocupado. Toda vez que isto ocorre, o valor desta variável é randomicamente alterado baseado em uma distribuição uniforme dentro do intervalo  $[0, CW]$ , onde o valor máximo para CW ( $CW_{max}$ ) é 1023. O valor do CW será dobrado para cada nova tentativa de envio de um pacote e será zerado para cada novo pacote a ser enviado.

A anomalia na MAC é um reflexo do critério utilizado para distribuição de tempo de transmissão em um canal entre as estações existentes. Este critério garante uma probabilidade de acesso ao canal igual para todas as estações, independente da posição que ela esteja e da taxa de transmissão, e, portanto independente da SNR da estação. Mas quando uma estação utiliza o canal por um longo período de tempo porque sua taxa de transmissão é baixa, esta ação penaliza todas as outras estações com taxas de transmissão maiores.

Esta anomalia pode ser ilustrada utilizando dois pares de estações, EH1-WH1 e EH2-WH2 (WHn é uma estação sem fio e EHn é uma estação conectada com o uso de cabo) conforme demonstrado na Figura 2. Em [HEUSSE, 2003] esta anomalia foi demonstrada em laboratório.

A análise da anomalia mostrada neste artigo considera o modo de infra-estrutura (Usando um AP como ponto central) e tráfego de descida (Downlink) usando CBR (Constant Bit Rate). Com estas características os dois pares de estações terão dados para serem enviados durante todo o tempo. Esta avaliação não leva em consideração colisão de pacotes.

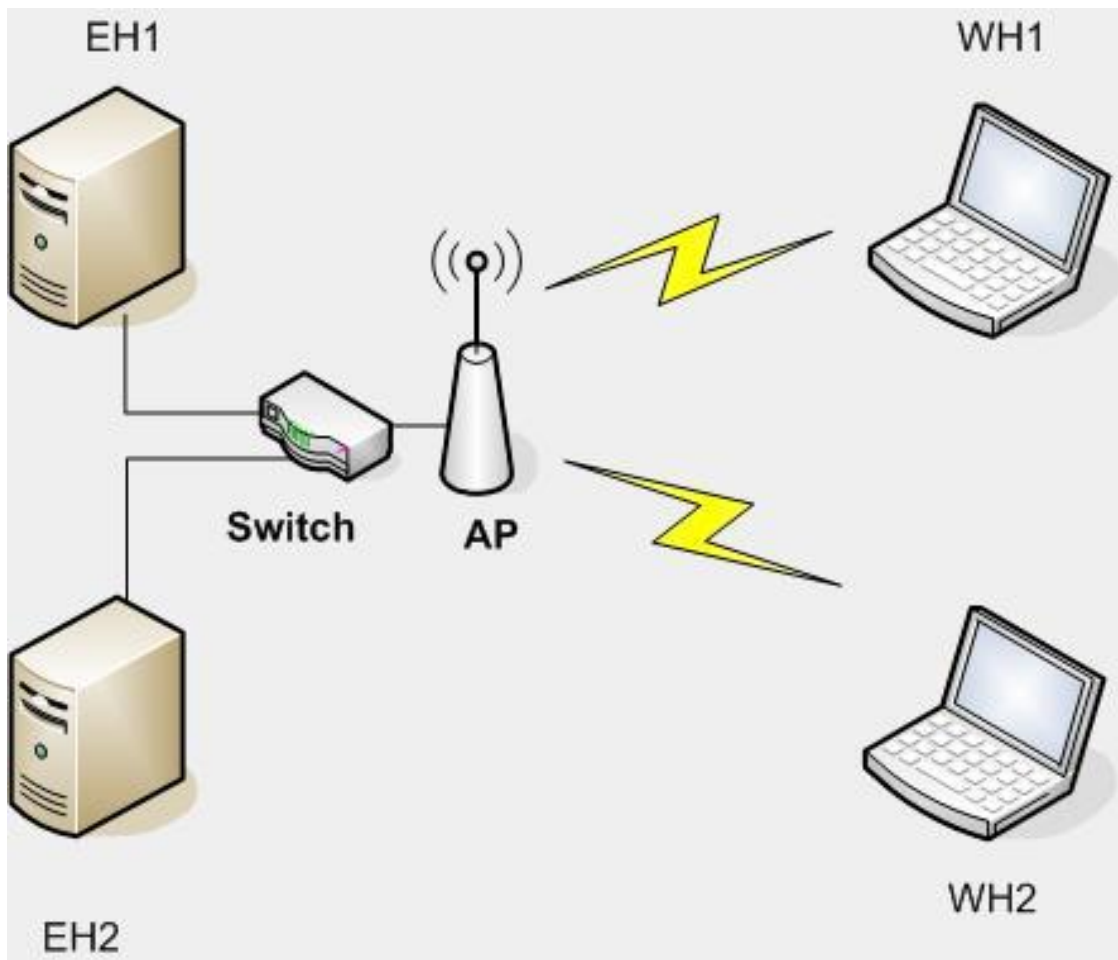


Figura 2 - Ambiente para simulação da anomalia

A eficiência na transmissão de pacotes é diferente para cada taxa de acordo com [EFICIÊNCIA, 2007]. A Tabela 1 mostra a eficiência na taxa de transmissão na camada física considerando um preâmbulo curto.

Tabela 1: Eficiência na taxa de transmissão 802.11b

Taxa de dados física (Mbps)	Eficiência (%)
11	59.3
5.5	69.6
2	74.3
1	76.9



Nestas condições, a capacidade de transmissão  $R_{Tn}$  de cada estação (WH1 ou WH2) pode ser determinada através da equação [BRANQUINHO, 2004]

$$R_{Tn} = \rho_n R_n C_n \quad (1)$$

Onde:

$\rho_n$  = eficiência de transmissão

$R_n$  = taxa de transmissão física

$C_n$  = proporção do tempo de transmissão considerando um período longo de observação e a probabilidade de transmissão igual

Para comprovarmos a existência da anomalia, considere a estação WH1 recebendo dados a uma taxa de 11 Mbps (Megabit per second) e a estação WH2 recebendo dados a 1 Mbps. O critério de justiça para acesso ao canal contido na MAC (provido pelo CSMA/CA) faz com que a estação mais lenta recebendo dados a 1 Mbps ocupe a banda onze vezes mais do que as estações recebendo dados a 11 Mbps. Na média, a proporção de tempo de transmissão para cada par é:

$$C_1 = 1/12 \quad C_2 = 11/12 \quad (2)$$

Aplicando a fórmula (1) temos:

$$R_{T1} = 543 \text{ kbps}$$

$$R_{T2} = 704.9 \text{ kbps}$$

Desde modo a estação WH1 com a taxa de transmissão física de 11 Mbps tem um throughput menor que a estação WH2, que transmite a 1 Mbps.

Alterando-se o valor de CW para cada uma das estações [BRANQUINHO, 2004] obtém-se:

$$R_{T1} = 3,38 \text{ Mbps}$$

$$R_{T2} = 137 \text{ kbps}$$

Demonstrando que deste modo a estação WH1 mantém uma boa capacidade de transmissão mesmo com a presença da estação WH2.

## 1.9 Trabalhos relacionados

Para embasar o presente trabalho foram executadas duas simulações com uma estação conectada a 11 Mbps e uma estação conectada a 1 Mbps. Na primeira simulação mostrada no Gráfico 1 o valor da CW não foi alterado visando demonstrar a anomalia. A simulação teve duração de 40 segundos, a estação de 11 Mbps se conectou no 2º segundo recebendo dados a uma taxa muito boa. Quando a estação de 1 Mbps se conecta no 3º segundo automaticamente a estação conectada a 11 Mbps passa a transmitir dados na mesma taxa da estação conectada a 1 Mbps evidenciando a anomalia.



Gráfico 1: Simulação sem manipulação da CW

Na segunda simulação mostrada no Gráfico 2 o valor da CW foi alterado para comprovar que a alteração do valor da CW se reflete na capacidade de transmissão de cada estação conectada. A execução destas simulações teve como objetivo também validar o script que foi utilizado nas simulações. Esta simulação também teve duração de 40 segundos, o valor da CW da estação de

11 Mbps foi alterado para 31 (menor valor possível) e o valor da CW da estação de 1 Mbps foi alterado para 1023 (maior valor possível). O Gráfico 2 demonstra o resultado da alteração.

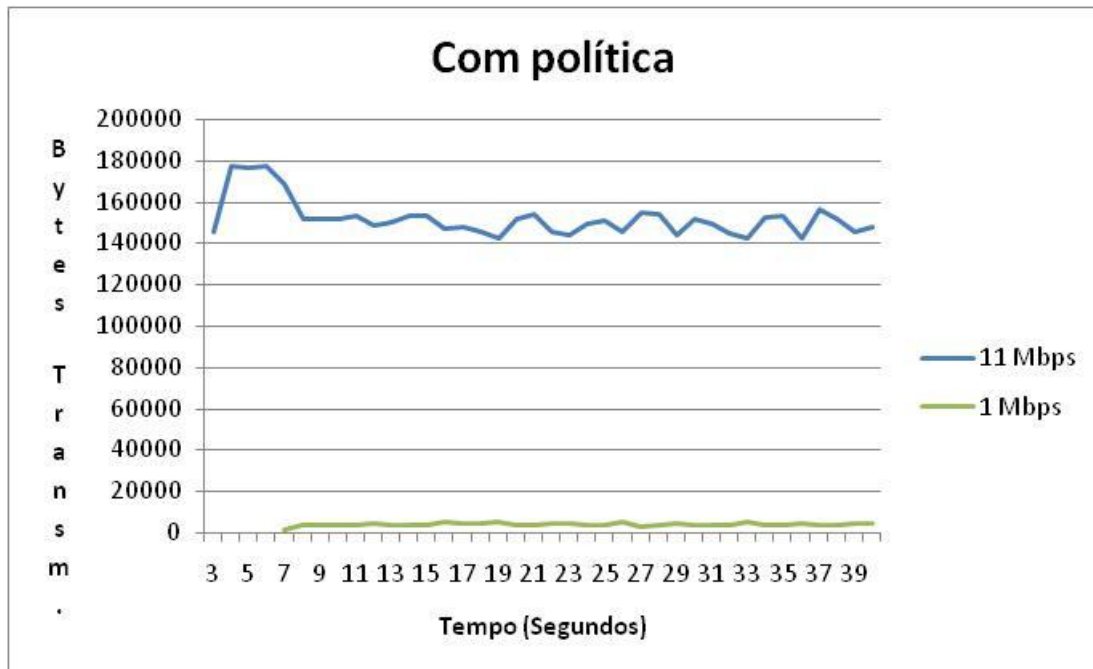


Gráfico 2: Simulação com manipulação da CW

## CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE

### 1.10 Delimitação da pesquisa

A Tabela 2 apresenta a relação entre a taxa de transmissão e a distância para os ambientes aberto, semi aberto e fechado que são foco do presente trabalho.

Tabela 2: Relação taxa de conexão x distância

Distância	11 Mbps	5.5 Mbps	2 Mbps	1 Mbps
Ambiente aberto	160 m	270 m	400 m	550 m
Ambiente Semi aberto	50 m	70 m	90 m	115 m
Ambiente fechado	25 m	35 m	40 m	50 m

É possível determinar uma área dado um ângulo sabendo-se o valor do raio, através das seguintes equações:

$$A = \frac{r^2 \theta}{2} \quad (3)$$

Onde  $\theta$  é calculado através da expressão

$$\theta = \text{°} * \pi / 180$$

$$\text{°} = 90$$

e  $r$  é o raio que corresponde às distâncias contidas na Tabela 3.

Considera-se que ao redor do AP as estações estão uniformemente distribuídas em regiões circulares. Para facilidade de demonstração, utilizaremos apenas um quadrante, a partir da fórmula da área e tendo como base as distâncias descritas

na Tabela 2 é possível determinar a área ( $A_n$ ) (em relação à área total) para cada taxa de conexão.

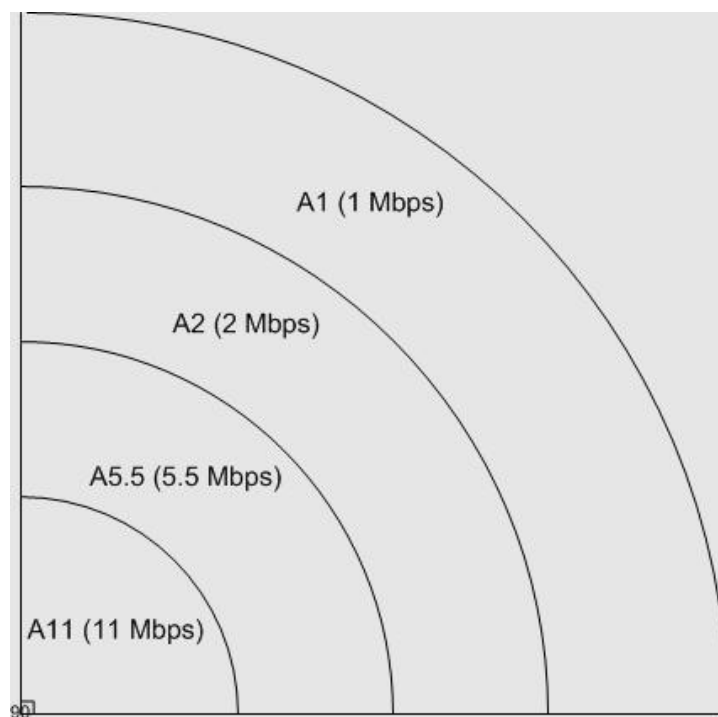


Figura 3: Divisão da área total em função da taxa de conexão

Levando em consideração a variável  $\beta$  que representa os ambientes propostos, e considerando que os usuários conectados estão uniformemente distribuídos na área total teremos os seguintes percentuais de usuários conectados nas taxas determinadas para os ambientes.

Os valores das áreas totais de cobertura contidas nas tabelas a seguir se referem ao total da área de cobertura para a taxa assinalada. Para obtermos o total da área coberta pelo AP é necessário somar as distâncias por taxa.

$$AT = A11 + A5.5 + A2 + A1 \quad (4)$$

Tabela 3: Percentual de usuários conectados em ambiente aberto

<b>Ambiente aberto - % de usuários em função da área</b>				
Variável	A11	A5.5	A2	A1
Distância	160 m	270 m	400 m	550 m
Área total de cobertura	20.106 m	37.149 m	68.408 m	111.919 m
% de usuários	8,46	15,64	28,79	47,11

Tabela 4: Percentual de usuários conectados em ambiente semi aberto

<b>Ambiente semi-aberto - % de usuários em função da área</b>				
Variável	A11	A5.5	A2	A1
Distância	50 m	70 m	90 m	115 m
Área total de cobertura	1.963 m	1.884 m	2.513 m	4.025 m
% de usuários	18,90	18,15	24,20	38,75

Tabela 5: Percentual de usuários conectados em ambiente fechado

<b>Ambiente fechado - % de usuários em função da área</b>				
Variável	A11	A5.5	A2	A1
Distância	25 m	35 m	40 m	50 m
Área total de cobertura	490 m	471 m	294 m	706 m
% de usuários	25,00	24,00	15,00	36,00

Os percentuais contidos nas Tabelas anteriores determinarão a quantidade de usuários conectados nas respectivas taxas para as simulações.

## POLÍTICA DE PRIVILÉGIO DE ACESSO À REDE

A política de privilégio de acesso à rede demonstrada neste trabalho leva em consideração todos os ambientes descritos anteriormente. A quantidade de dispositivos utilizados nas simulações será definida levando em consideração o percentual de usuários uniformemente distribuídos de acordo com as Tabelas 3, 4 e 5.

### 1.11 Definição da política para ambiente aberto

Utilizando os percentuais contidos na Tabela 3 e utilizando o arredondamento matemático chegamos à quantidade de usuários conectados por cada taxa transmissão para o ambiente aberto conforme demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6: Número de usuários conectados por taxa em ambiente aberto

<b>Ambiente aberto – Número de usuários em função da área (Taxa)</b>				
Variável	A11	A5.5	A2	A1
% de usuários	8,46	15,64	28,79	47,11
Proporção de usuários Conectados	0,8	1,5	2,8	4,7
<b>Número de usuários por área</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>

Baseado na quantidade de estações definidas, as simulações serão executadas utilizando onze pares de dispositivos (EHn WHn) sendo que as estações (EHn) estão conectadas a um switch e este está conectado a um AP (Access Point) e estão recebendo dados para as estações sem fio (WHn). A estação WH1 receberá dados a 11 Mbps, as estações WH2 e WH3 receberá dados a 5,5



Mbps, as estações e WH4, WH5 e WH6 receberá dados a 2 Mbps e as estações WH7, WH8, WH9, WH10 e WH11 receberá dados a 1 Mbps. Utilizamos tráfego de descida (*Downlink*) usando CBR (*Constant Bit Rate*).

A Figura 4 demonstra a distribuição de usuários utilizada nas simulações.

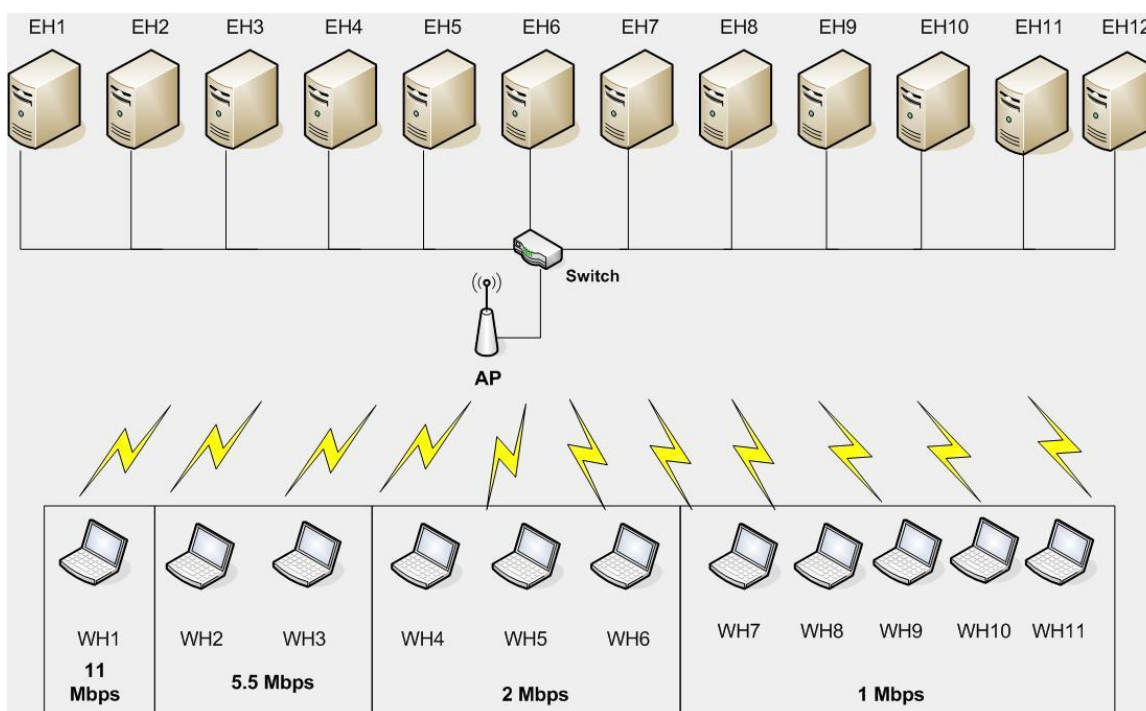


Figura 4: Distribuição de usuários- ambiente aberto

Todas as simulações tiveram duração de 40 segundos. As estações se conectaram em intervalos de 1 segundo. Neste sentido a WH1 (11 Mbps) permaneceu conectada por 38 segundos (do segundo 2 ao segundo 40) e a estação WH11 (1 Mbps) permaneceu conectada por 28 segundos (do segundo 12 ao segundo 40).

Todas as estações conectadas com a mesma taxa receberam os mesmos valores para CW, as variações dos valores de CW só ocorreram entre os grupos de estações.

A primeira simulação foi feita sem a aplicação da política para identificarmos a anomalia e para servir de referência para as demais simulações.

Foram realizadas 27 simulações com alteração nos valores da CW visando estabelecer a melhor combinação de valores de forma a criar uma política que seja capaz de privilegiar as taxas desejadas.

A Figura 5 ilustra a seqüência de conexão das estações utilizada nas simulações.

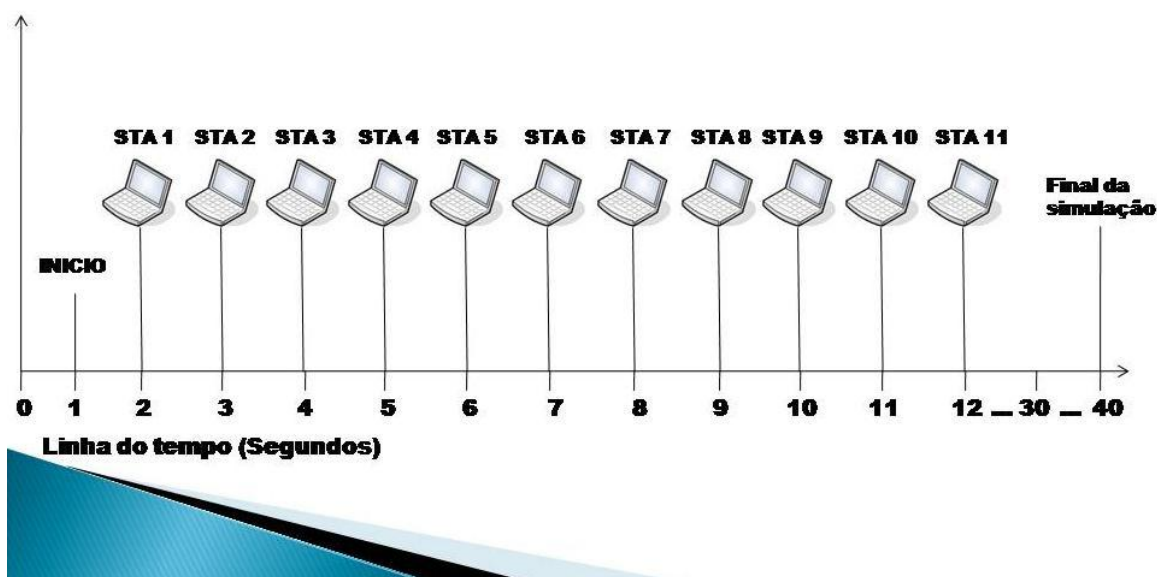


Figura 5: Exemplo de simulação

O Gráfico 3 mostra a quantidade total de bytes recebidos para cada grupo de estações conectadas na mesma taxa. Nenhuma política de privilégio foi aplicada nesta simulação e estes valores serão a referência para a comparação dos resultados após a aplicação da política.

Em todas as simulações foi desconsiderado o período em que as estações se conectavam ao AP. Neste sentido só foram considerados os pacotes recebidos a partir do 13º segundo.

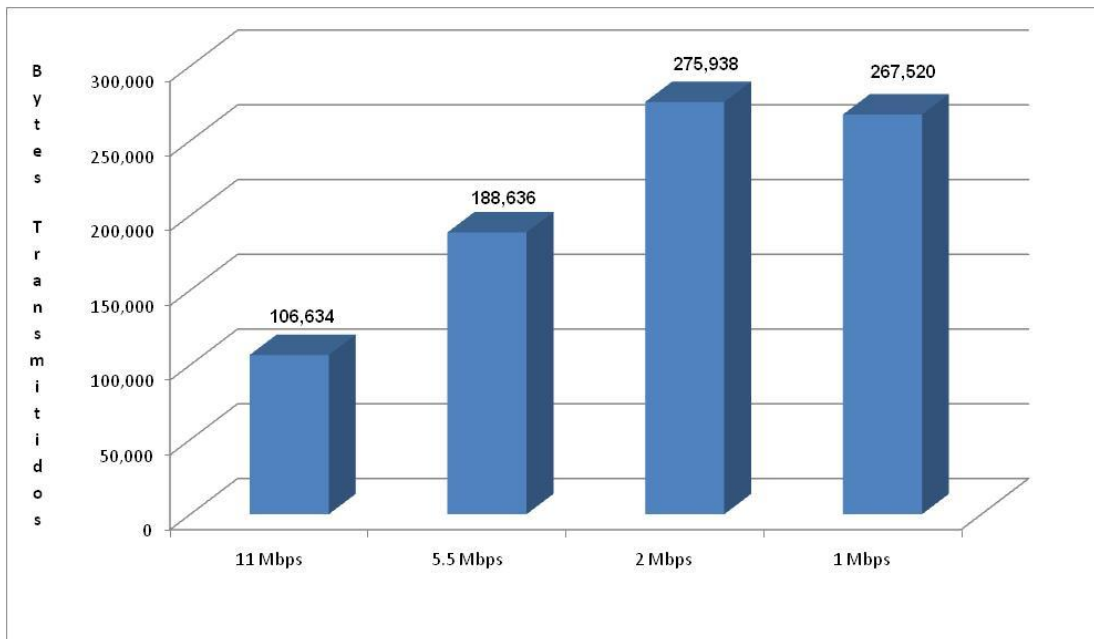


Gráfico 3: Resultado da simulação sem alteração de valores na CW

No Gráfico 4 podemos visualizar o comportamento das estações à medida que as mesmas se conectam e passam a disputar o meio. É possível verificar que a partir da conexão das estações com taxas menores o desempenho da rede fica limitado à taxa das estações menores.

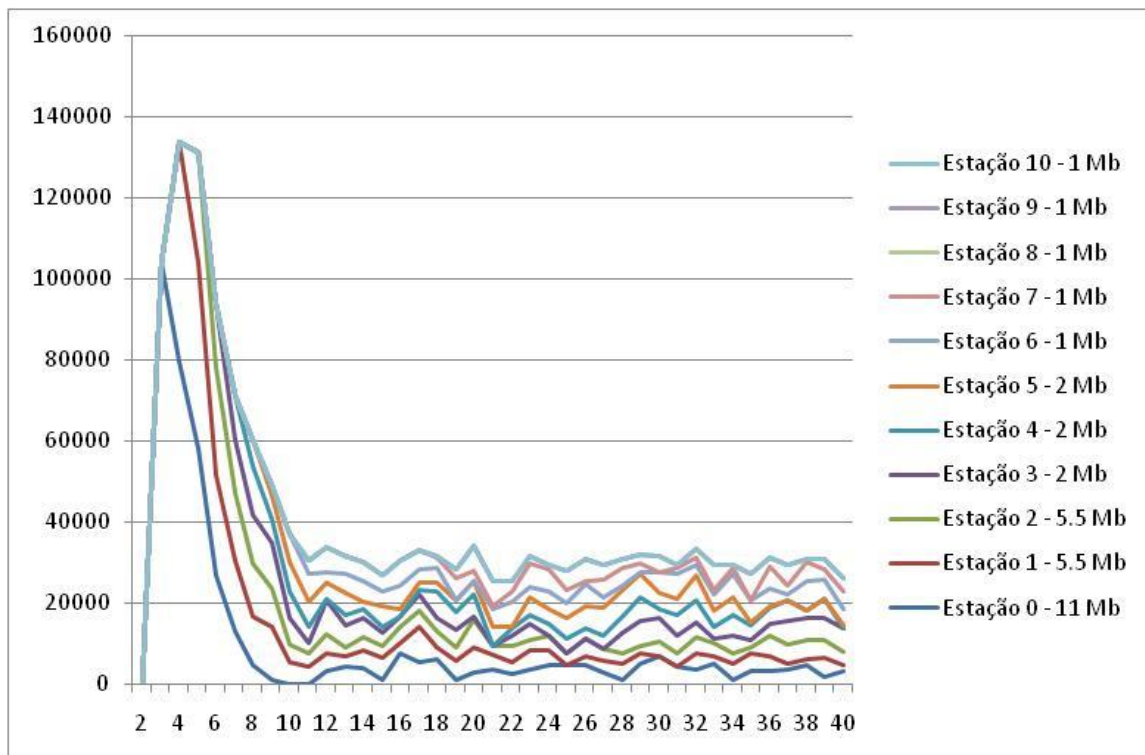


Gráfico 4: Simulação de conexão ambiente aberto – sem aplicação de política

Para atingir os resultados desejados, a política escolhida foi a de privilegiar determinada taxa buscando o maior desempenho possível. Após a execução das simulações (onde foi usada uma combinação de valores para CW pré-estabelecida que foi determinada após a execução de alguns scripts iniciais buscando a combinação adequada) foi feita a análise dos dados e os melhores resultados obtidos no sentido de privilegiar o grupo das estações que recebiam dados na mesma taxa serão mostrados a seguir.

O Gráfico 5 apresenta um cenário onde as estações conectadas a 11 Mbps são priorizadas. Comparando a quantidade de bytes recebidos é possível comprovar que através da aplicação da política escolhida que consiste na manipulação dos valores da CW podemos obter um desempenho melhor para a taxa desejada.

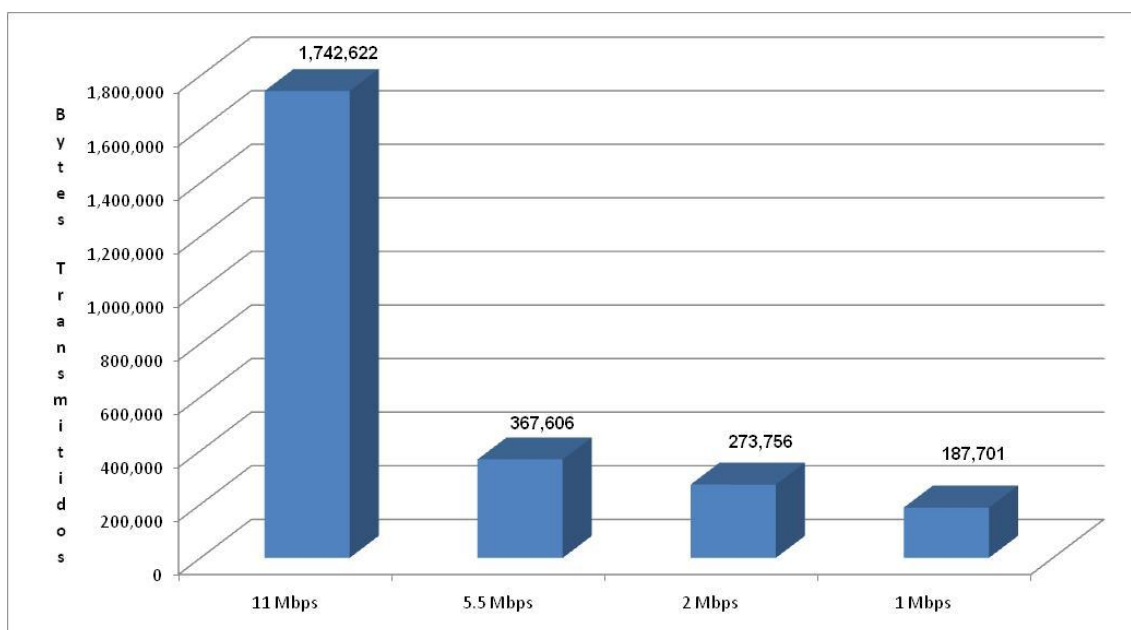


Gráfico 5: Resultado da simulação privilegiando estações conectadas a 11 Mbps

O Gráfico 6 apresenta um cenário onde as estações conectadas a 5.5 Mbps são priorizadas. Neste cenário, mesmo priorizando as estações conectadas a 5.5 Mbps as estações conectadas a 11 Mbps conseguem uma vazão superior ao cenário onde não há política de privilégio.

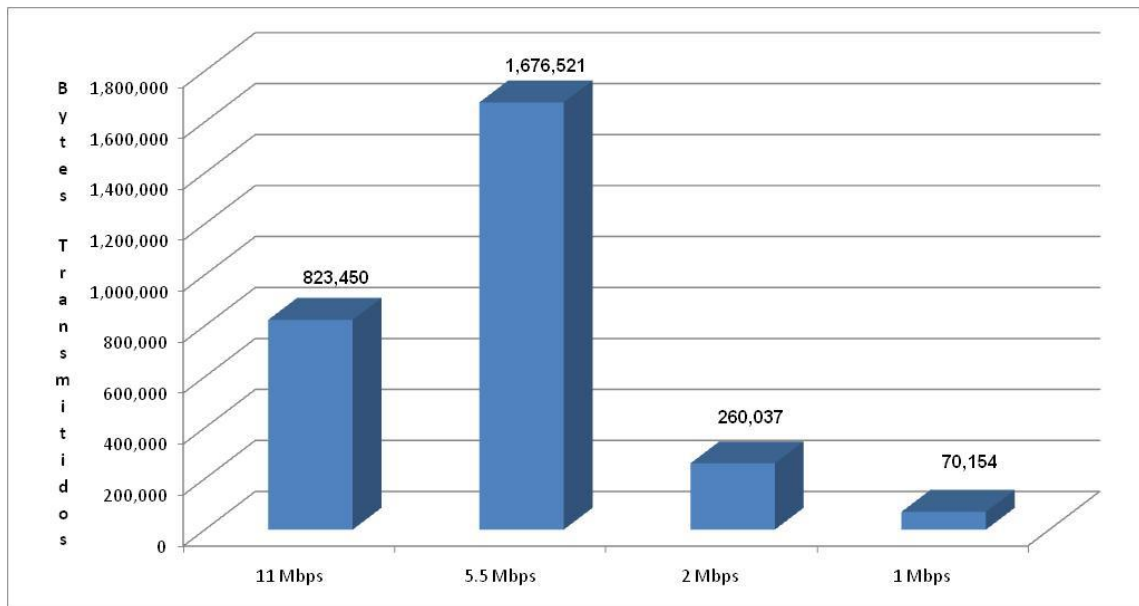


Gráfico 6: Resultado da simulação privilegiando estações conectadas a 5.5 Mbps

O Gráfico 7 apresenta um cenário onde as estações conectadas a 2 Mbps são priorizadas. Neste cenário, priorizando as estações conectadas a 2 Mbps, nota-se que o desempenho das estações recebendo dados a 11 Mbps e a 5.5 Mbps fica acima do cenário sem priorização.

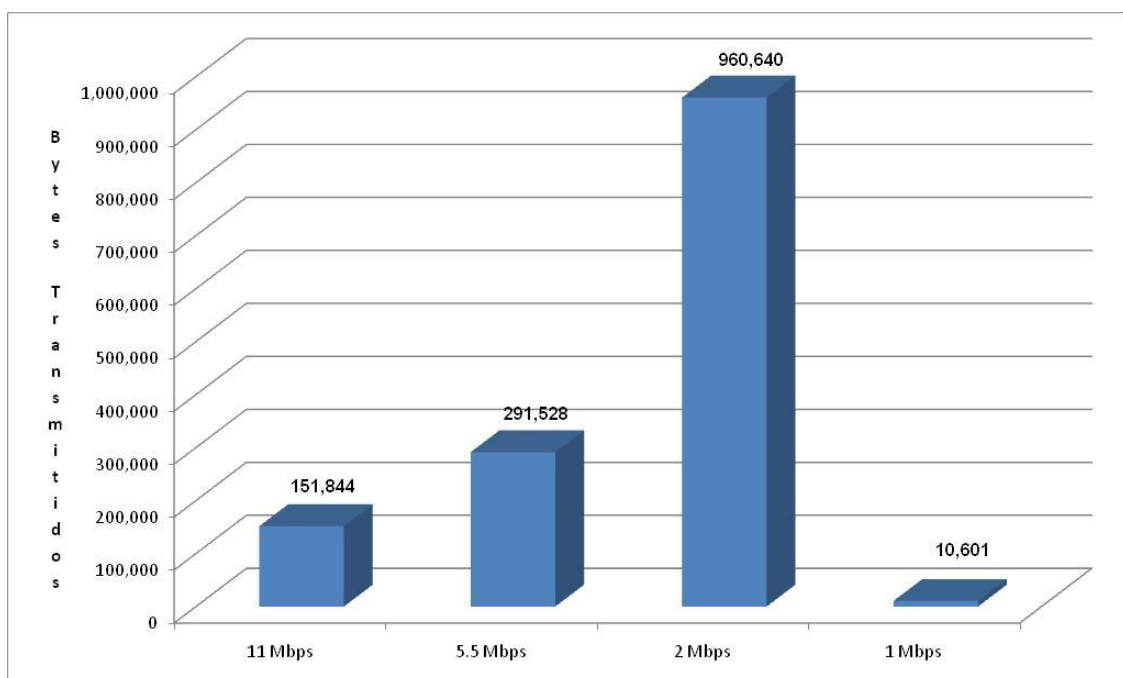


Gráfico 7: Resultado da simulação privilegiando estações conectadas a 2 Mbps

O Gráfico 8 apresenta um cenário intermediário onde além de privilegiar as estações conectadas a 2 Mbps ainda é possível garantir a transmissão das estações a 11 e a 5.5 Mbps com valores acima da simulação sem o uso da política, garantindo inclusive que as estações conectadas a 1 Mbps transmitam mais dados que no cenário apresentado anteriormente.

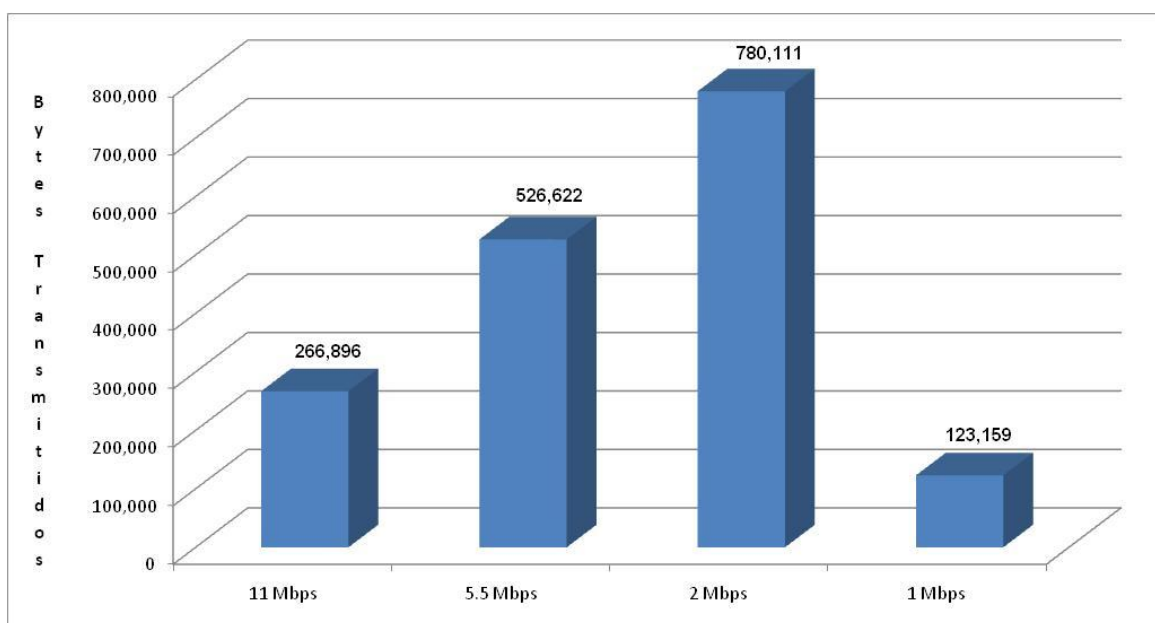


Gráfico 8: Simulação privilegiando estações conectadas a 2 Mbps

O Gráfico 9 apresenta um cenário que privilegia as estações conectadas a 1 Mbps. Ao compararmos a quantidade total de bytes recebidos na simulação sem o uso da política (838.724 Bytes) verificamos que, mesmo privilegiando as estações conectadas a 1 Mbps que são as estações com taxas menores obtemos uma quantidade de bytes recebidos (791.959 bytes) bem próxima da simulação sem política o que comprova a eficácia do uso da política.

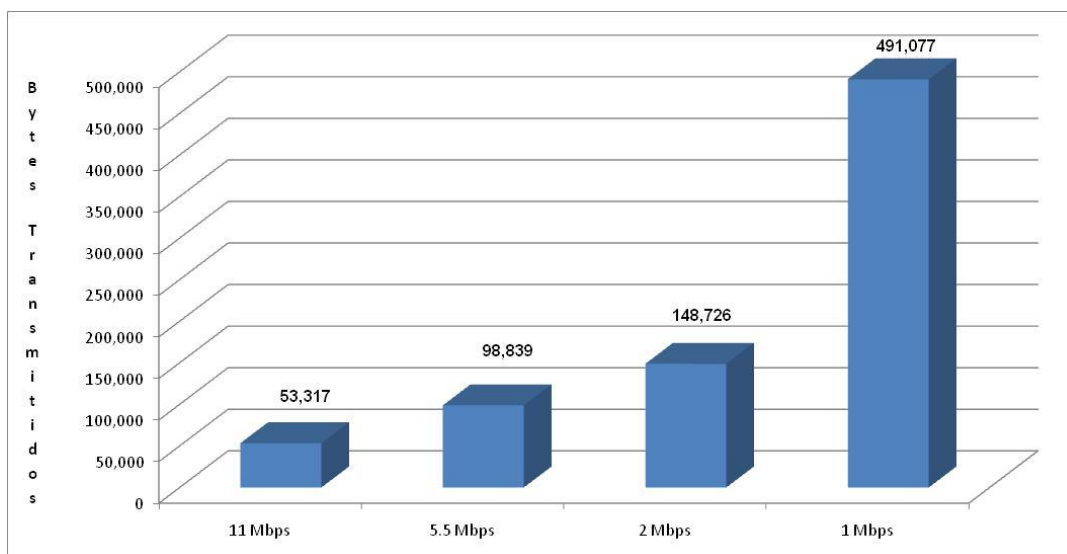


Gráfico 9: Simulação privilegiando estações conectadas a 1 Mbps

A Tabela 7 demonstra quais os valores utilizados para CW nas estações conectadas de acordo com a política estabelecida para atingirmos os resultados demonstrados acima.

Tabela 7: Política de privilégio utilizada em ambiente aberto

<b>Ambiente aberto – Política de privilégio de acesso</b>				
<b>Taxa de transmissão (Mbps)</b>	<b>11</b>	<b>5.5</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
Valores de CW – Privilegiando 11 Mbps	31	255	511	1023
Valores de CW – Privilegiando 5.5 Mbps	31	31	255	1023
Valores de CW – Privilegiando 2 Mbps	63	63	31	511
Valores de CW – Privilegiando 1 Mbps	127	127	127	63
Valores de CW – Gráfico 8	63	63	63	511

A Tabela 8 mostra os resultados de todas as simulações executadas para o ambiente aberto, divididas por taxas e com os valores da CW utilizados. A 1º simulação foi executada sem a aplicação da política.

Tabela 8: Resultado das simulações por taxa – Ambiente aberto

Sim.	Vazão Total	11 Mbps			5.5 Mbps			2 Mbps			1 Mbps		
		CW	Total Bytes	%	CW	Total Bytes	%	CW	Total Bytes	%	CW	Total Bytes	%
1	838,728		106,634	12.71		188,636	22.49		275,938	32.90		267,520	31.90
2	1,343,836	31	521,009	38.77	63	232,911	17.33	127	338,921	25.22	255	250,995	18.68
3	2,036,644	31	761,403	37.39	63	681,584	33.47	127	490,142	24.07	511	103,516	5.08
4	2,243,052	31	856,189	38.17	63	782,917	34.90	127	560,607	24.99	1023	43,339	1.93
5	2,136,418	31	886,121	41.48	63	795,077	37.22	255	274,068	12.83	511	181,153	8.48
6	2,593,510	31	1,141,169	44.00	63	1,020,193	39.34	255	362,306	13.97	1023	69,842	2.69
7	2,808,025	31	1,328,558	47.31	63	1,188,874	42.34	511	184,583	6.57	1023	106,010	3.78
8	2,053,481	31	1,045,136	50.90	127	461,145	22.46	255	327,073	15.93	511	220,127	10.72
9	2,513,067	31	1,400,271	55.72	127	586,798	23.35	255	429,342	17.08	1023	96,656	3.85
10	2,789,941	31	1,682,757	60.32	127	723,676	25.94	511	258,478	9.26	1023	125,030	4.48
11	2,571,684	31	1,742,622	67.76	255	367,606	14.29	511	273,756	10.65	1023	187,701	7.30
12	1,602,002	31	346,716	21.64	31	691,873	43.19	63	467,069	29.16	255	96,345	6.01
13	1,967,737	31	449,920	22.86	31	902,023	45.84	63	612,677	31.14	511	3,118	0.16
14	2,068,759	31	479,852	23.20	31	905,764	43.78	63	639,803	30.93	1023	43,339	2.09
15	1,811,528	31	458,027	25.28	31	910,441	50.26	127	298,388	16.47	255	144,673	7.99
16	2,149,826	31	575,573	26.77	31	1,145,223	53.27	127	384,443	17.88	511	44,587	2.07
17	2,441,042	31	666,617	27.31	31	1,318,892	54.03	127	433,707	17.77	1023	21,826	0.89
18	2,393,649	31	693,120	28.96	31	1,386,552	57.93	255	209,214	8.74	511	104,763	4.38
19	2,830,162	31	823,450	29.10	31	1,676,521	59.24	255	260,037	9.19	1023	70,154	2.48
20	1,420,226	63	265,026	18.66	63	525,998	37.04	127	366,359	25.80	255	262,843	18.51
21	1,846,137	63	444,619	24.08	63	915,118	49.57	255	313,354	16.97	511	173,046	9.37
22	2,326,925	63	644,480	27.70	63	1,330,117	57.16	511	237,276	10.20	1023	115,052	4.94
23	1,533,719	31	257,231	16.77	31	508,226	33.14	31	768,263	50.09	511	0	0.00
24	1,414,613	63	151,844	10.73	63	291,528	20.61	31	960,640	67.91	511	10,601	0.75
25	1,696,788	63	266,896	15.73	63	526,622	31.04	63	780,111	45.98	511	123,159	7.26
26	883,627	63	83,561	9.46	63	183,335	20.75	63	273,444	30.95	63	343,286	38.85
27	791,959	127	53,317	6.73	127	98,839	12.48	127	148,726	18.78	63	491,077	62.01
28	993,067	127	72,648	7.32	127	144,985	14.60	63	444,619	44.77	127	330,814	33.31



## 1.12 Definição da política para ambiente semi aberto

Utilizando os percentuais contidos na Tabela 4 e utilizando o arredondamento matemático chegamos à quantidade de usuários conectados por cada taxa transmissão para o ambiente semi aberto conforme demonstrado na Tabela 9.

Tabela 9: Número de usuários conectados por taxa em ambiente semi aberto

<b>Ambiente semi-aberto – Número de usuários em função da área (Taxa)</b>				
Variável	A11	A5.5	A2	A1
% de usuários	18,9	18,14	24,19	38,75
Proporção de usuários Conectados	1,8	1,8	2,4	3,8
<b>Número de usuários por área</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

Baseado na quantidade de estações definidas, as simulações serão executadas utilizando onze pares de dispositivos (EHn WHn) sendo que as estações (EHn) estão conectadas a um switch e este está conectado a um AP (Access Point) e estão recebendo dados para as estações sem fio (WHn). A estação WH1 e WH2 receberam dados a 11 Mbps, as estações WH3 e WH4 receberam dados a 5,5 Mbps, as estações e WH5, WH6 e WH7 receberam dados a 2 Mbps e as estações WH8, WH9, WH10 e WH11 receberam dados a 1 Mbps. Utilizamos tráfego de descida (Downlink) usando CBR (Constant Bit Rate).

A Figura 6 demonstra a distribuição de usuários utilizada nas simulações.

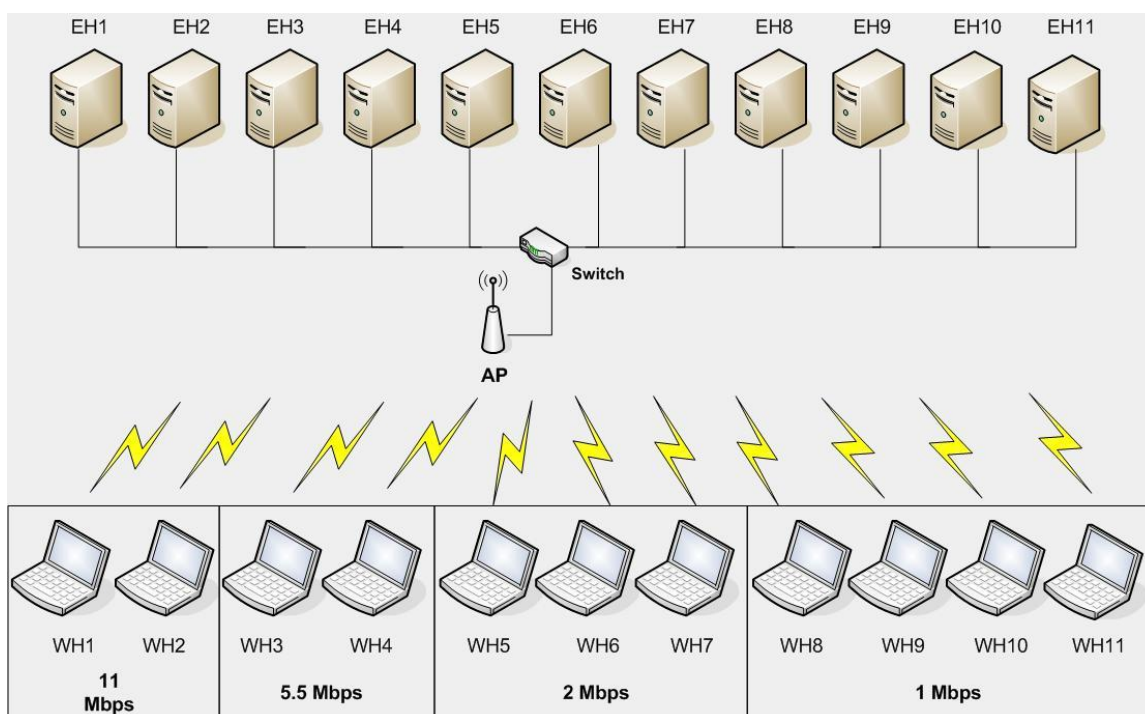


Figura 6: Distribuição das estações por taxa – Ambiente semi aberto

Todas as simulações tiveram duração de 40 segundos. As estações se conectaram em intervalos de 1 segundo. Neste sentido a WH1 (11 Mbps) permaneceu conectada por 38 segundos (do segundo 2 ao segundo 40) e a estação WH11 (1 Mbps) permaneceu conectada por 28 segundos (do segundo 12 ao segundo 40).

Todas as estações conectadas com a mesma taxa receberam os mesmos valores para CW, as variações dos valores de CW só ocorreram entre os grupos de estações.

A primeira simulação foi feita sem a aplicação da política para identificarmos a anomalia e para servir de referência para as demais simulações.

Foram realizadas 27 simulações com alteração nos valores da CW visando estabelecer a melhor combinação de valores de forma a criar uma política que seja capaz de privilegiar as taxas desejadas.

O Gráfico 10 mostra a quantidade total de bytes recebidos para cada grupo de estações conectadas na mesma taxa. Nenhuma política de privilégio foi aplicada nesta simulação e estes valores serão a referência para a comparação dos resultados após a aplicação da política.

Em todas as simulações foi desconsiderado o período em que as estações se conectavam ao AP. Neste sentido só foram considerados os pacotes recebidos a partir do 13º segundo.

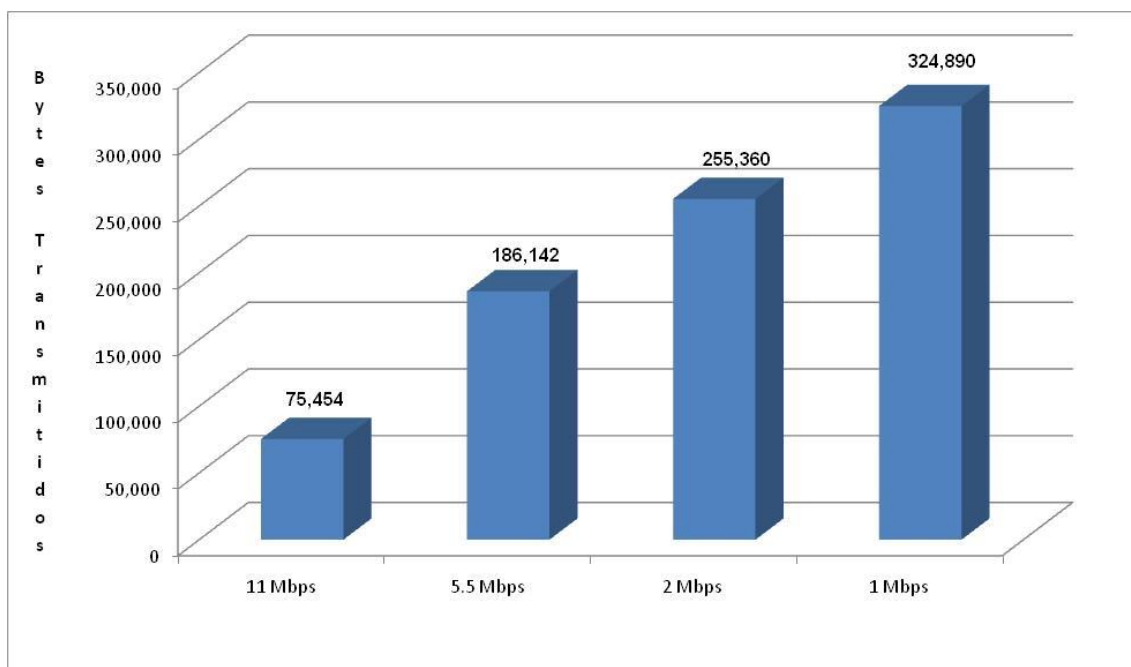


Gráfico 10: Simulação em ambiente semi aberto – Sem aplicação de política

Assim como no ambiente aberto podemos visualizar o comportamento das estações à medida que as mesmas se conectam e passam a disputar o meio no Gráfico 11. O mesmo comportamento é evidenciado nesta simulação.

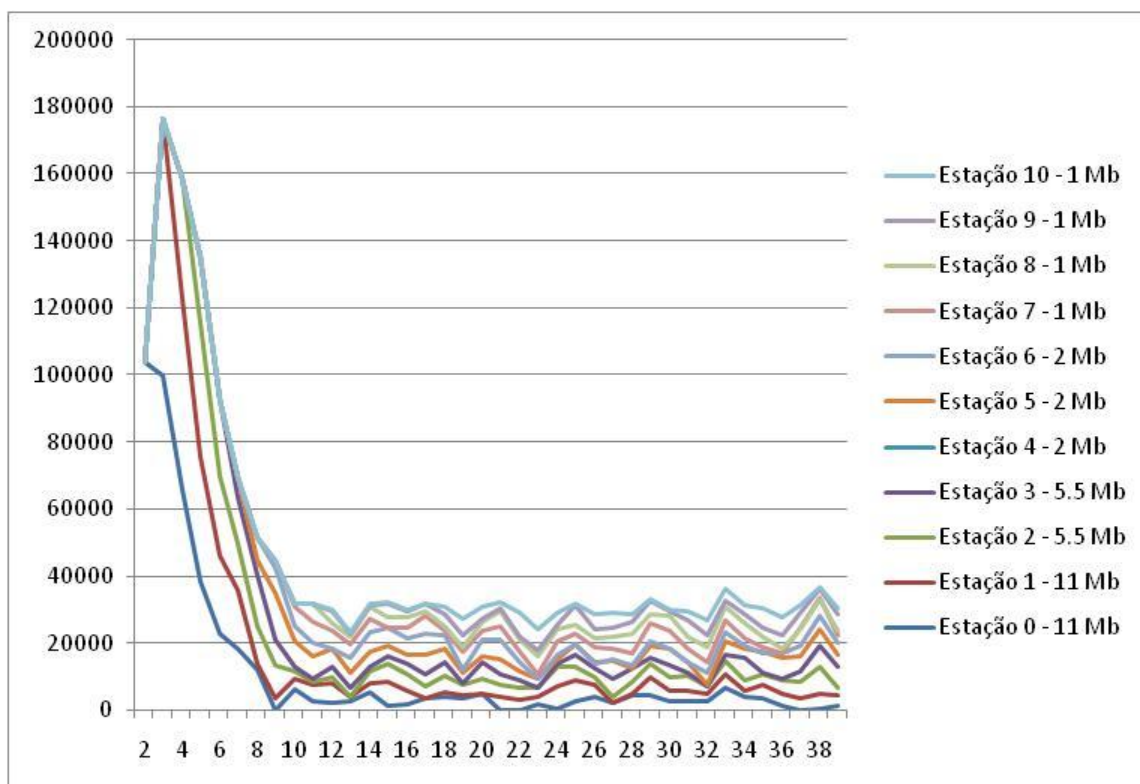


Gráfico 11: Simulação de conexão em ambiente semi aberto – Sem aplicação de política

Para atingir os resultados desejados, assim como no ambiente aberto a política escolhida foi a de privilegiar determinada taxa buscando o maior desempenho possível. Após a execução das simulações (onde foi usada uma combinação de valores para CW pré-estabelecida que foi determinada após a execução de alguns scripts iniciais buscando a combinação adequada) foi feita a análise dos dados e os melhores resultados obtidos no sentido de privilegiar o grupo das estações que recebiam dados na mesma taxa serão mostrados a seguir.

O Gráfico 12 apresenta um cenário onde as estações conectadas a 11 Mbps são priorizadas. Comparando a quantidade de bytes recebidos é possível comprovar que através da manipulação dos valores da CW podemos obter um desempenho melhor para a taxa desejada.

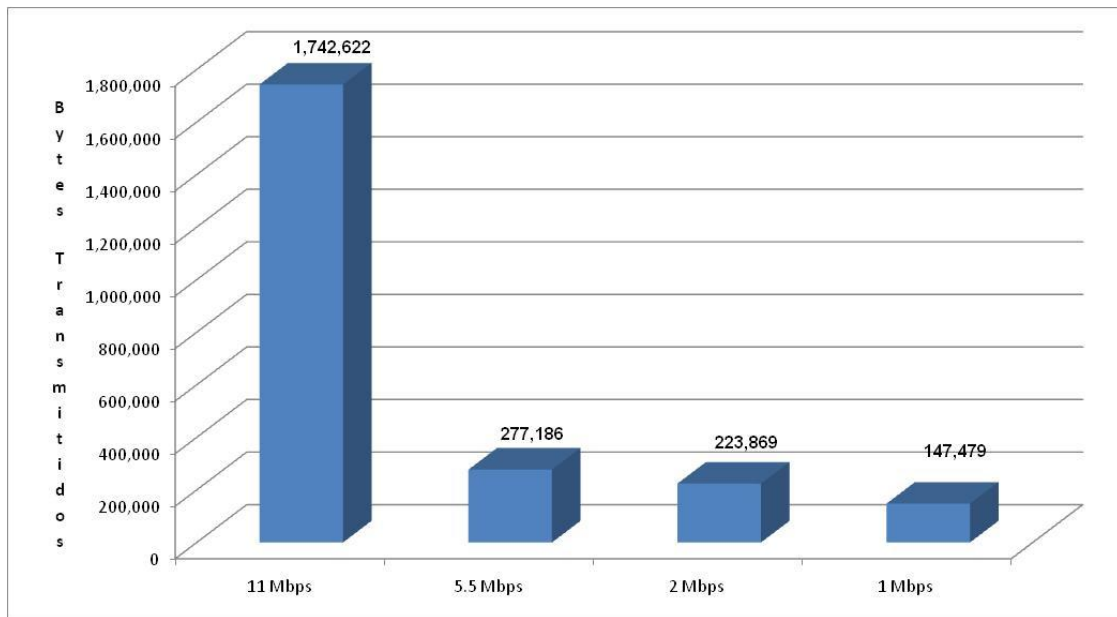


Gráfico 12: Simulação em ambiente semi aberto – Privilegiando 11 Mbps

O Gráfico 13 apresenta um cenário onde as estações conectadas a 5.5 Mbps são priorizadas. Neste cenário, mesmo priorizando as estações conectadas a 5.5 Mbps as estações conectadas a 11 Mbps conseguem uma vazão superior ao cenário onde não há política de privilégio.

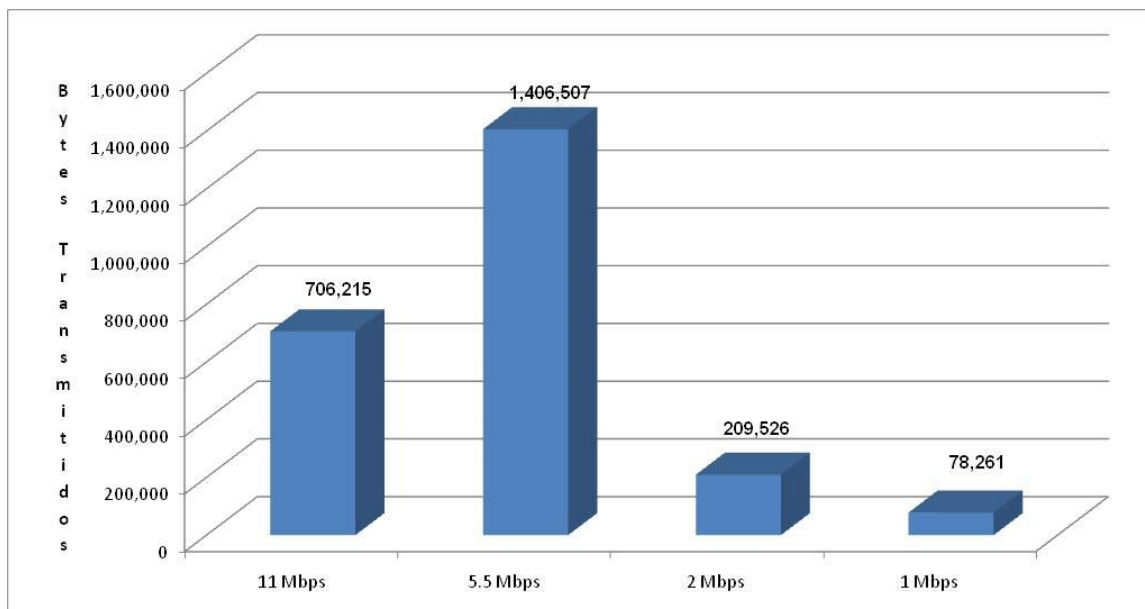


Gráfico 13: Simulação em ambiente semi aberto – Privilegiando 5.5 Mbps

O Gráfico 14 apresenta um cenário onde as estações conectadas a 2 Mbps são priorizadas. Neste cenário, priorizando as estações conectadas a 2 Mbps, nota-

se que o desempenho das estações recebendo dados a 11 Mbps e a 5.5 Mbps fica acima do cenário sem priorização.

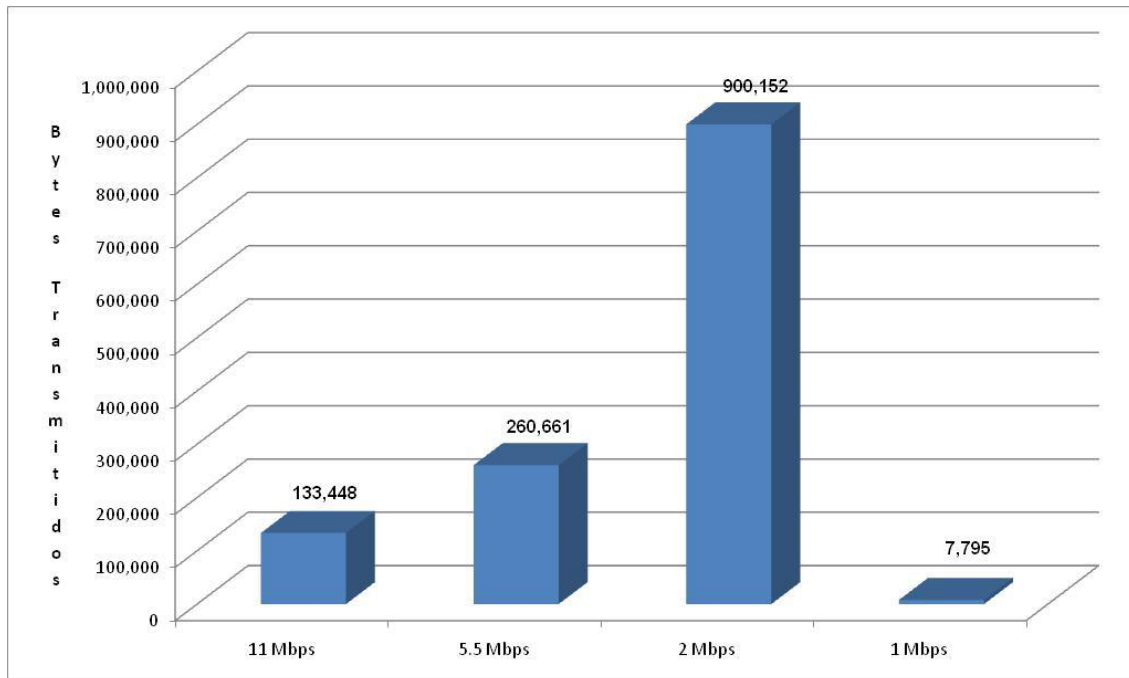


Gráfico 14: Simulação em ambiente semi aberto – Privilegiando 2 Mbps

O Gráfico 15 apresenta um cenário intermediário onde além de privilegiar as estações conectadas a 2 Mbps ainda é possível garantir a transmissão das estações a 11 e a 5.5 Mbps com valores acima da simulação sem o uso da política, garantindo inclusive que as estações conectadas a 1 Mbps transmitam mais dados que no cenário apresentado anteriormente.

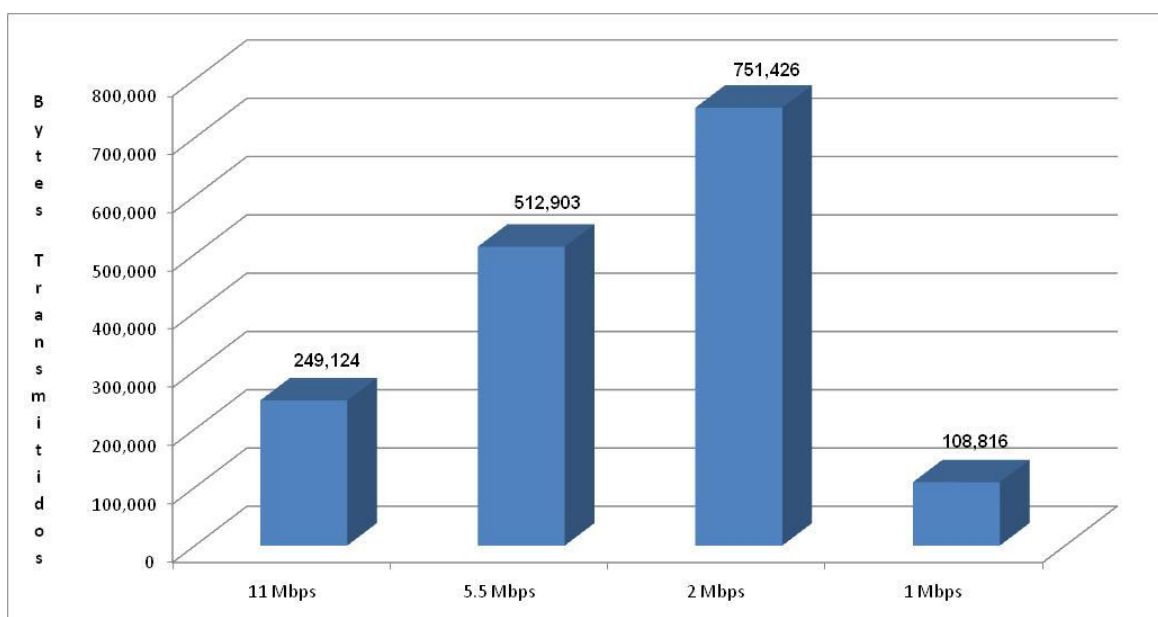


Gráfico 15: Simulação em ambiente semi aberto – Privilegiando 2 Mbps – Cenário intermediário

O Gráfico 16 apresenta um cenário que privilegia as estações conectadas a 1 Mbps. Ao compararmos a quantidade total de bytes recebidos na simulação sem o uso da política (841.846 Bytes) verificamos que, mesmo privilegiando as estações conectadas a 1 Mbps que são as estações com taxas menores obtemos uma quantidade de bytes recebidos (824.073 bytes) bem próxima do outro cenário (sem priorização) o que comprova a eficácia do uso da política.

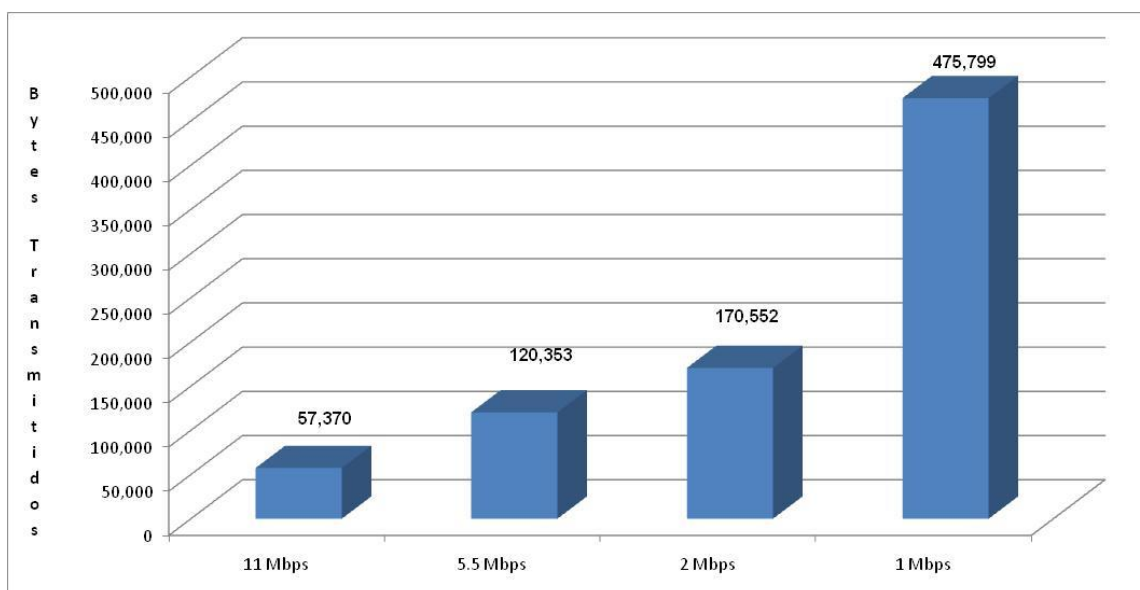


Gráfico 16: Simulação em ambiente semi aberto – Privilegiando 1 Mbps

A Tabela 10 demonstra quais os valores utilizados para CW nas estações conectadas de acordo com a política estabelecida para atingirmos os resultados demonstrados acima.

Tabela 10: Política de privilégio utilizada em ambiente semi aberto

<b>Ambiente semi aberto – Política de privilégio de acesso</b>				
<b>Taxa de transmissão (Mbps)</b>	<b>11</b>	<b>5.5</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
Valores de CW – Privilegiando 11 Mbps	31	31	255	511
Valores de CW – Privilegiando 5.5 Mbps	31	31	31	255

Valores de CW – Privilegiando 2 Mbps	63	63	63	31
Valores de CW – Privilegiando 1 Mbps	127	127	127	127
Valores de CW – Gráfico 15	63	63	63	63

A Tabela 11 mostra os resultados de todas as simulações executadas para o ambiente semi aberto, divididas por taxas e com os valores da CW utilizados. A 1º simulação foi executada sem a aplicação da política.

Tabela 11: Resultado das simulações por taxa – ambiente semi aberto

Sim.	Vazão Total	11 Mbps			5.5 Mbps			2 Mbps			1 Mbps		
		CW	Total Bytes	%	CW	Total Bytes	%	CW	Total Bytes	%	CW	Total Bytes	%
1	841,846		75,454	8.96		186,142	22.11		255,360	30.33		324,890	38.59
2	1,567,081	31	524,127	33.45	31	446,490	28.49	63	336,427	21.47	127	260,037	16.59
3	1,825,247	31	698,109	38.25	31	635,438	34.81	63	454,285	24.89	127	37,415	2.05
4	1,963,684	31	752,673	38.33	31	715,569	36.44	63	495,442	25.23	127	0	0.00
5	1,885,112	31	807,861	42.85	31	713,387	37.84	63	253,801	13.46	255	110,064	5.84
6	2,149,514	31	953,469	44.36	31	863,984	40.19	63	299,635	13.94	255	32,427	1.51
7	2,308,217	31	1,094,088	47.40	31	1,000,550	43.35	63	161,510	7.00	511	52,070	2.26
8	1,820,570	31	1,045,136	57.41	31	342,039	18.79	127	268,767	14.76	255	164,628	9.04
9	2,219,356	31	1,400,271	63.09	31	440,254	19.84	127	317,719	14.32	255	61,112	2.75
10	2,421,399	31	1,682,757	69.50	31	439,631	18.16	127	205,161	8.47	511	93,850	3.88
11	2,391,155	31	1,742,622	72.88	31	277,186	11.59	255	223,869	9.36	511	147,479	6.17
12	1,270,564	31	346,716	27.29	31	503,861	39.66	31	333,621	26.26	63	86,367	6.80
13	1,699,906	31	393,797	23.17	31	769,822	45.29	31	522,256	30.72	63	14,031	0.83
14	1,811,528	31	423,106	23.36	31	804,743	44.42	31	554,371	30.60	63	29,309	1.62
15	1,715,807	31	444,931	25.93	31	894,228	52.12	31	284,357	16.57	127	92,291	5.38
16	2,027,914	31	557,801	27.51	31	1,111,861	54.83	31	344,533	16.99	127	13,719	0.68
17	2,119,582	31	573,079	27.04	31	1,151,147	54.31	31	369,165	17.42	127	26,191	1.24
18	2,181,629	31	672,230	30.81	31	1,301,120	59.64	31	196,119	8.99	255	12,160	0.56
19	2,400,509	31	706,215	29.42	31	1,406,507	58.59	31	209,526	8.73	255	78,261	3.26
20	1,378,757	63	258,166	18.72	63	526,933	38.22	63	397,227	28.81	127	196,431	14.25
21	1,724,226	63	427,471	24.79	63	876,455	50.83	63	313,977	18.21	255	106,322	6.17
22	2,187,865	63	632,320	28.90	63	1,252,792	57.26	63	217,633	9.95	511	85,120	3.89
23	1,417,108	31	236,341	16.68	31	476,423	33.62	31	697,173	49.20	31	7,171	0.51
24	1,302,055	63	133,448	10.25	63	260,661	20.02	63	900,152	69.13	31	7,795	0.60
25	1,622,269	63	249,124	15.36	63	512,903	31.62	63	751,426	46.32	63	108,816	6.71
26	916,365	63	89,797	9.80	63	178,035	19.43	63	277,809	30.32	63	370,724	40.46
27	824,074	127	57,370	6.96	127	120,353	14.60	127	170,552	20.70	127	475,799	57.74



### 1.13 Definição da política para ambiente fechado

Utilizando os percentuais contidos na Tabela 5 e utilizando o arredondamento matemático chegamos à quantidade de usuários conectados por cada taxa transmissão para o ambiente fechado conforme demonstrado na Tabela 12.

Tabela 12: Número de usuários conectados por taxa em ambiente fechado

<b>Ambiente fechado – Número de usuários em função da área (Taxa)</b>				
Variável	A11	A5.5	A2	A1
% de usuários	25	24	15	36
Proporção de usuários Conectados	2,7	2,6	1,6	3,9
<b>Número de usuários por área</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>

Baseado na quantidade de estações definidas, as simulações serão executadas utilizando onze pares de dispositivos (EHn WHn) sendo que as estações (EHn) estão conectadas a um switch e este está conectado a um AP (Access Point) e estão recebendo dados das estações sem fio (WHn). A estação WH1, WH2 e WH3 transmitirão a 11 Mbps, as estações WH4, WH5 e WH6 transmitirão a 5,5 Mbps, as estações e WH7 e WH8 transmitirão a 2 Mbps e as estações WH9, WH10, WH11 e WH12 transmitirão a 1 Mbps. Utilizamos tráfego de descida (Downlink) usando CBR (Constant Bit Rate).

A Figura 7 demonstra a distribuição de usuários utilizada nas simulações.

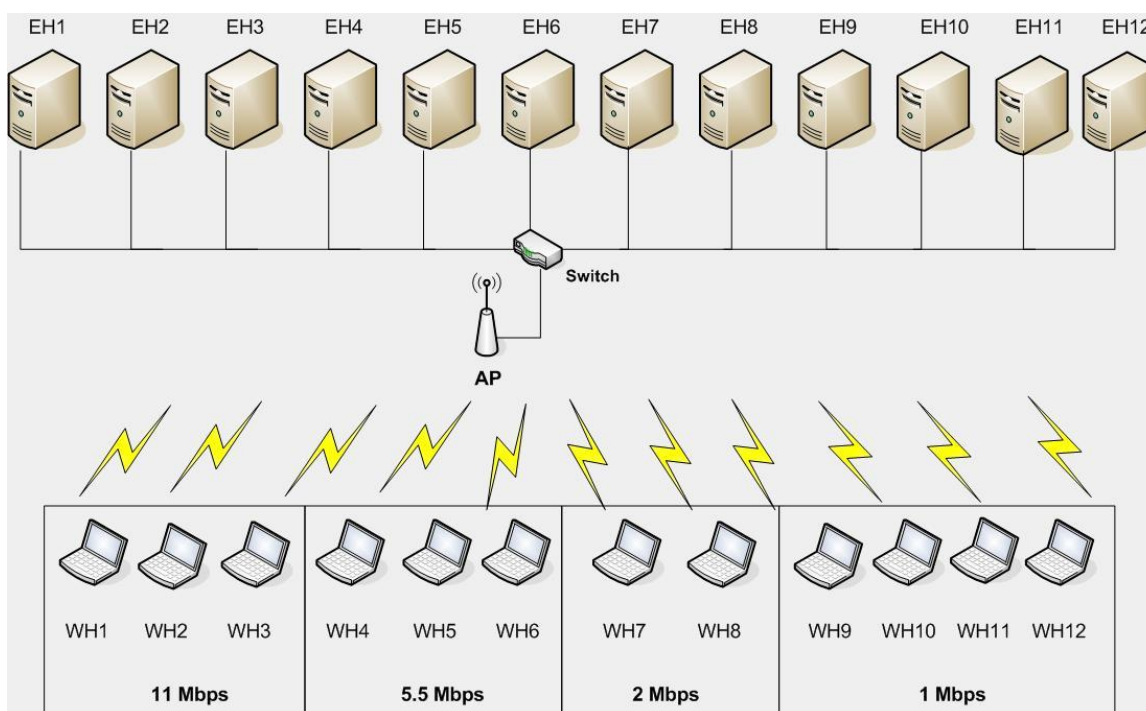


Figura 7: Distribuição das estações por taxa – Ambiente fechado

Assim como nos ambientes anteriores todas as simulações tiveram duração de 40 segundos. As estações se conectaram em intervalos de 1 segundo. Neste sentido a WH1 (11 Mbps) permaneceu conectada por 38 segundos (do segundo 2 ao segundo 40) e a estação WH11 (1 Mbps) permaneceu conectada por 28 segundos (do segundo 12 ao segundo 40).

Todas as estações conectadas com a mesma taxa receberam os mesmos valores para CW, as variações de valores só ocorreram entre as taxas.

A primeira simulação foi feita sem a aplicação da política para identificarmos a anomalia e para servir de referência para as demais simulações.

Foram realizadas 27 simulações com alteração nos valores da CW visando estabelecer a melhor combinação de valores de forma a criar uma política que seja capaz de privilegiar as taxas desejadas.

O Gráfico 17 mostra a quantidade total de bytes recebidos para cada grupo de estações conectadas na mesma taxa. Nenhuma política de privilégio foi aplicada nesta simulação e estes valores serão a referência para a comparação dos resultados após a aplicação da política.

Em todas as simulações foi desconsiderado o período em que as estações se conectavam ao AP. Neste sentido só foram considerados os pacotes recebidos a partir do 13º segundo.

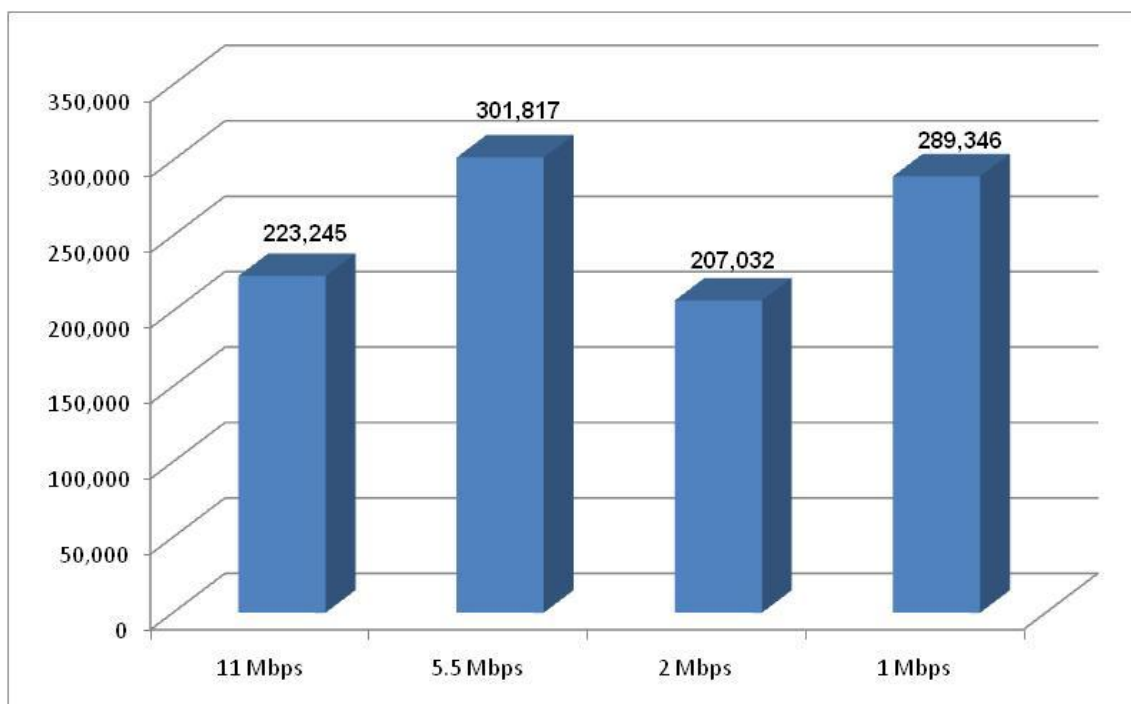


Gráfico 17: Simulação em ambiente fechado – Sem aplicação de política

Assim como no ambiente aberto podemos visualizar o comportamento das estações à medida que as mesmas se conectam e passam a disputar o meio no Gráfico 18. O mesmo comportamento é evidenciado nesta simulação.

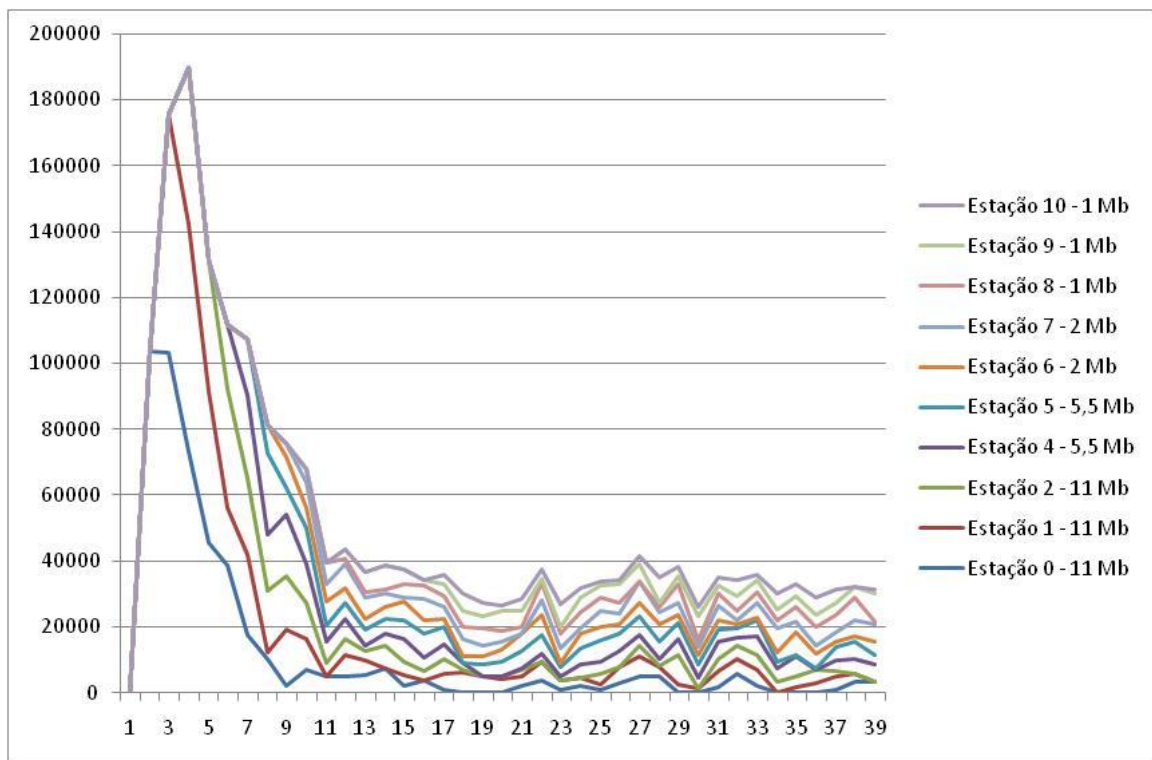


Gráfico 18: Simulação de conexão em ambiente fechado – Sem aplicação de política

O Gráfico 19 apresenta um cenário onde as estações conectadas a 11 Mbps são priorizadas. Comparando a quantidade de bytes recebidos é possível comprovar que através da manipulação dos valores da CW podemos obter um desempenho melhor para a taxa desejada.

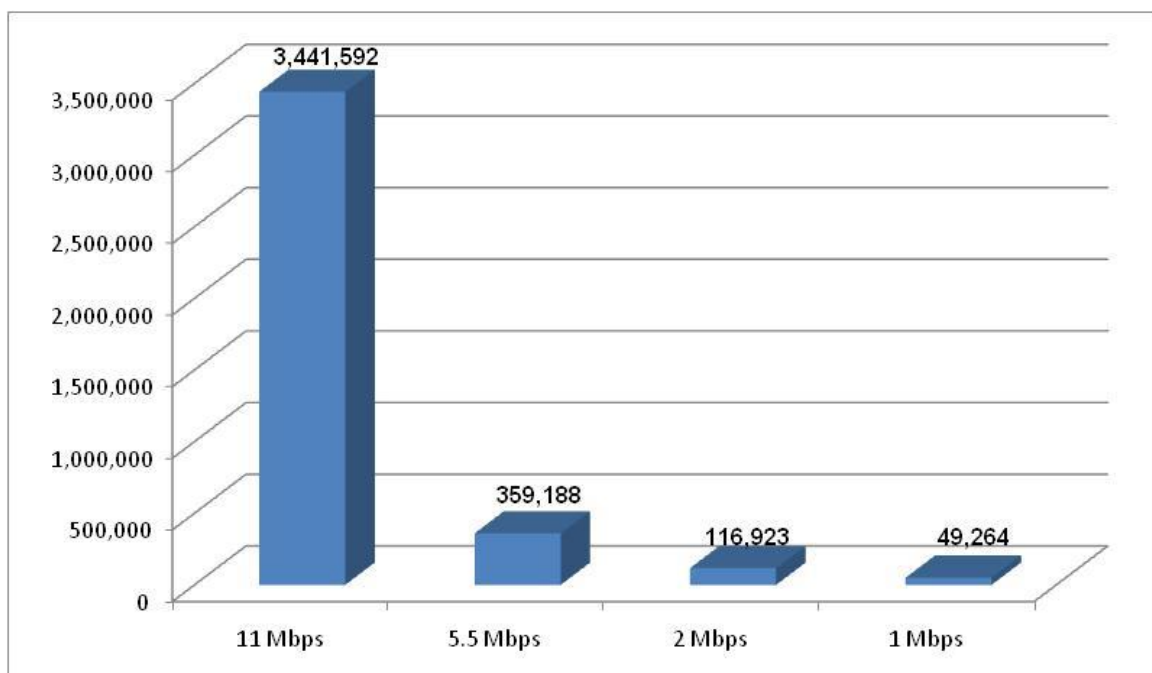


Gráfico 19: Simulação em ambiente fechado – Privilegiando 11 Mbps

O Gráfico 20 apresenta um cenário onde as estações conectadas a 5.5 Mbps são priorizadas. Neste cenário, mesmo priorizando as estações conectadas a 5.5 Mbps as estações conectadas a 11 Mbps conseguem uma vazão superior ao cenário onde não há política de privilégio.

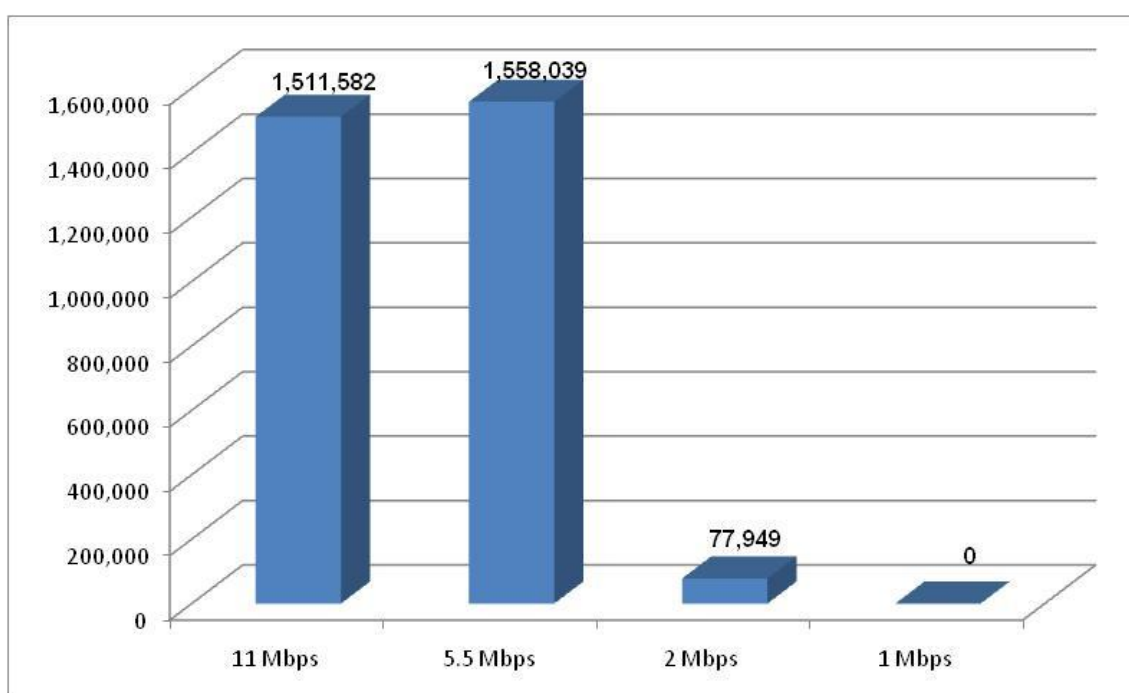


Gráfico 20: Simulação em ambiente fechado – Privilegiando 5.5 Mbps

O Gráfico 21 apresenta um cenário intermediário onde além de privilegiar as estações conectadas a 5,5 Mbps ainda é possível garantir a transmissão das estações a 11 e a 2 Mbps com valores acima da simulação sem o uso da política, garantindo inclusive que as estações conectadas a 1 Mbps transmitam mais dados que no cenário apresentado anteriormente.

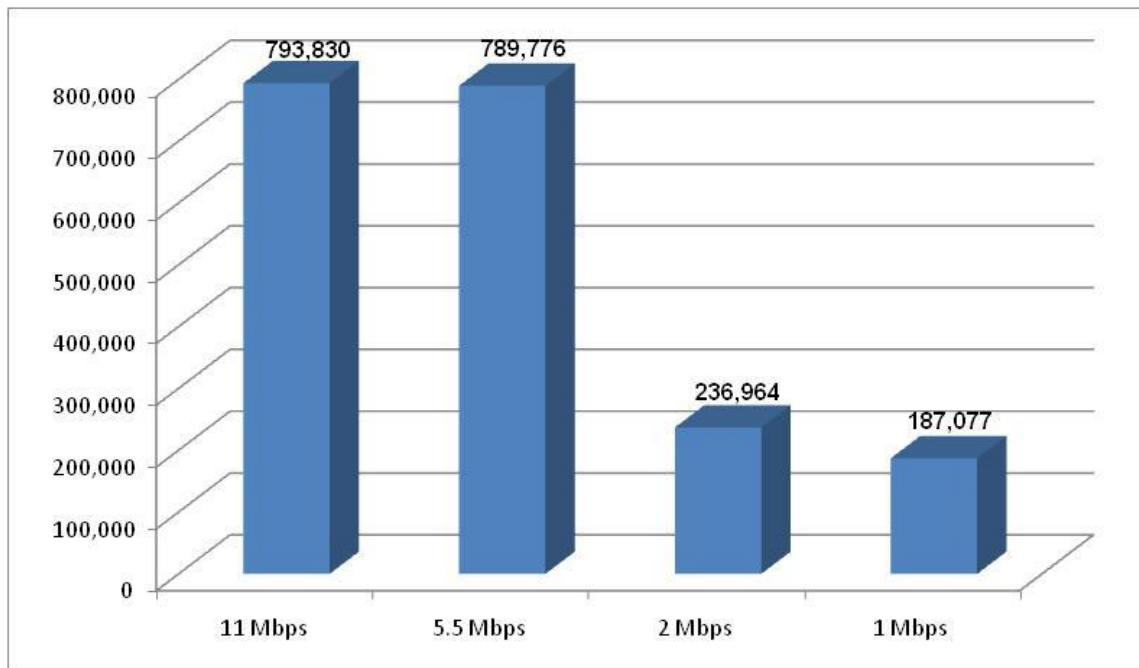


Gráfico 21: Simulação em ambiente fechado – Privilegiando 5,5 Mbps – Cenário intermediário

O Gráfico 22 apresenta um cenário onde as estações conectadas a 2 Mbps são priorizadas. Neste cenário, priorizando as estações conectadas a 2 Mbps, nota-se que o desempenho das estações recebendo dados a 11 Mbps e a 5.5 Mbps fica acima do cenário sem priorização.

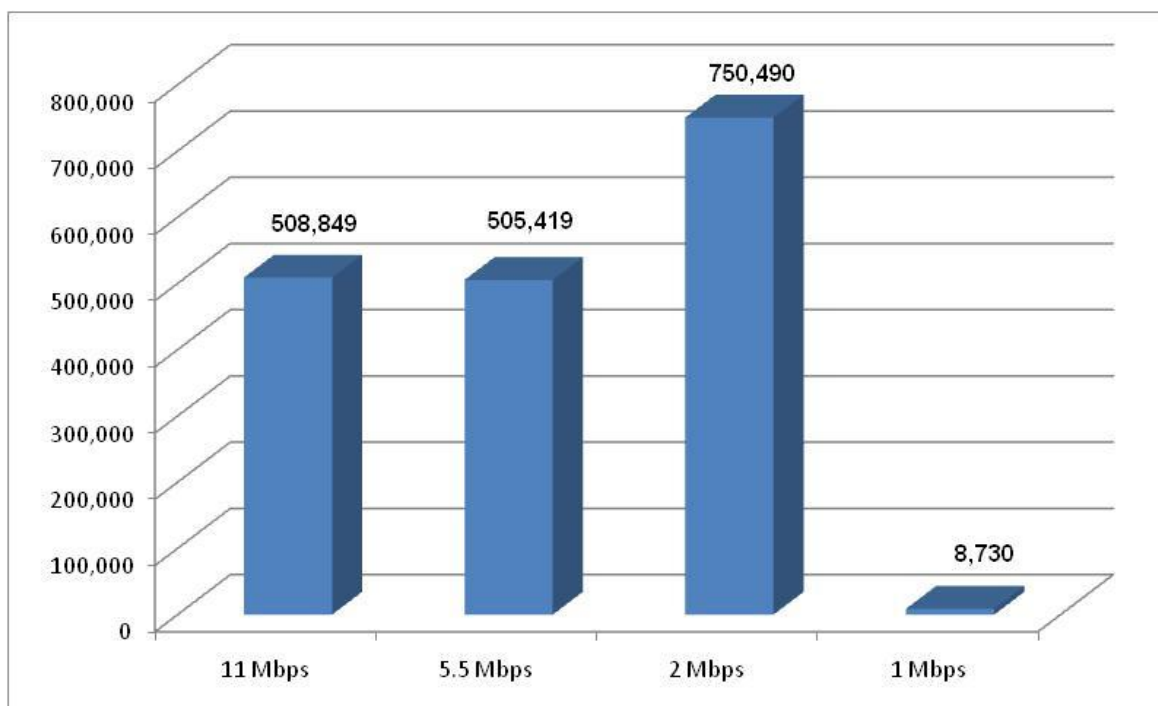


Gráfico 22: Simulação em ambiente fechado – Privilegiando 2 Mbps

O Gráfico 23 apresenta um cenário que privilegia as estações conectadas a 1 Mbps. Ao compararmos a quantidade total de bytes recebidos na simulação sem o uso da política (841.846 Bytes) verificamos que, mesmo privilegiando as estações conectadas a 1 Mbps que são as estações com taxas menores obtemos uma quantidade de bytes recebidos (824.073 bytes) bem próxima do outro cenário (sem priorização) o que comprova a eficácia do uso da política.

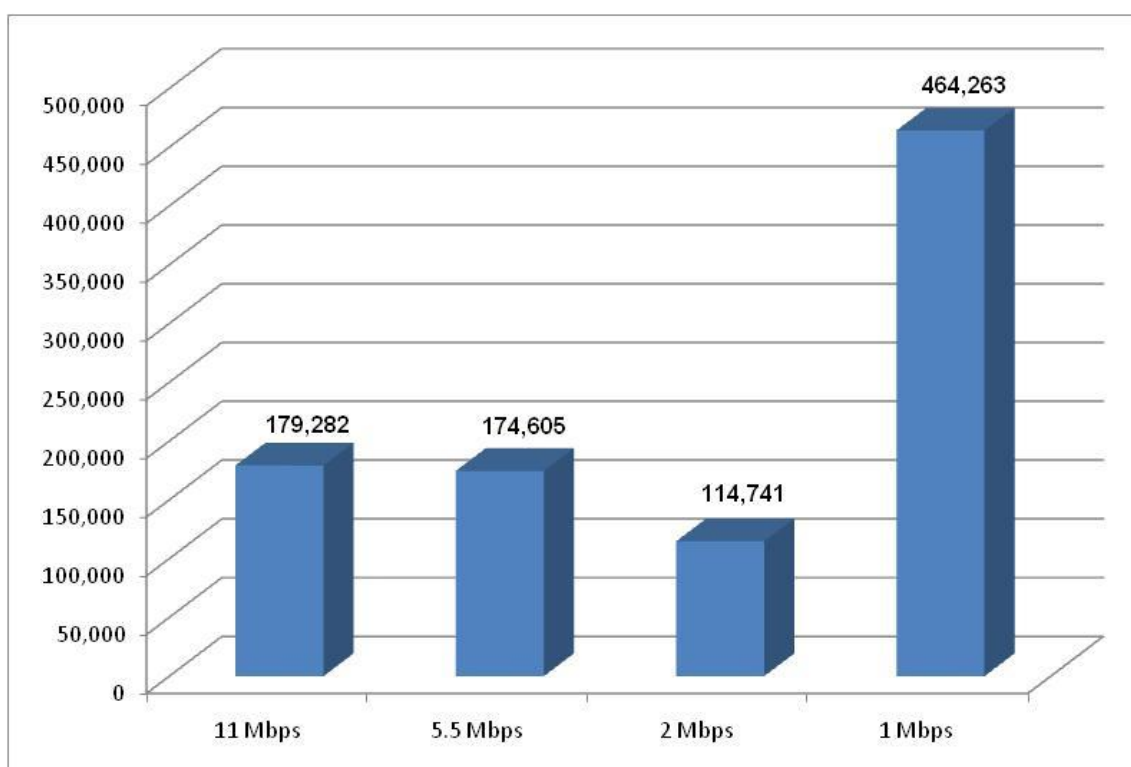


Gráfico 23: Simulação em ambiente fechado – Privilegiando 1 Mbps

A Tabela 13 demonstra quais os valores utilizados para CW nas estações conectadas para atingirmos os resultados demonstrados acima.

<b>Ambiente fechado – Política de privilégio de acesso</b>				
<b>Taxa de transmissão (Mbps)</b>	<b>11</b>	<b>5.5</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
Valores de CW – Privilegiando 11 Mbps	31	255	511	1023
Valores de CW – Privilegiando 5.5 Mbps	31	31	255	511
Valores de CW – Privilegiando 2 Mbps	63	63	31	511
Valores de CW – Privilegiando 1 Mbps	127	127	127	63
Valores de CW – Gráfico 21	63	63	127	255

A Tabela 14 mostra os resultados de todas as simulações executadas para o ambiente aberto, divididas por taxas e com os valores da CW utilizados. A 1ª simulação foi executada sem a aplicação da política.

Tabela 14: Resultado das simulações por taxa – ambiente fechado



Sim.	Vazão Total	11 Mbps Total			5.5 Mbps Total			2 Mbps Total			1 Mbps Total		
		CW	Bytes	%	CW	Bytes	%	CW	Bytes	%	CW	Bytes	%
1	1,021,440		223,245	8.96		301,817	22.11		207,032	30.33		289,346	38.59
2	2,784,640	31	1,708,012	33.45	63	769,822	28.49	127	242,265	21.47	255	64,542	16.59
3	3,098,617	31	1,940,923	38.25	63	862,736	34.81	127	283,110	24.89	511	11,848	2.05
4	3,457,493	31	2,252,406	38.33	63	1,047,631	36.44	127	144,361	25.23	1023	13,095	0.00
5	3,457,493	31	2,252,406	42.85	63	1,047,631	37.84	255	144,361	13.46	1023	13,095	5.84
6	3,717,530	31	2,506,831	44.36	63	1,139,922	40.19	511	66,101	13.94	1023	4,677	1.51
7	3,872,492	31	2,655,245	47.40	63	1,194,486	43.35	1023	15,902	7.00	1023	6,859	2.26
8	3,129,797	31	2,347,192	57.41	127	508,849	18.79	255	157,456	14.76	511	116,299	9.04
9	3,546,978	31	2,721,034	63.09	127	592,098	19.84	255	193,936	14.32	1023	39,910	2.75
10	3,837,883	31	3,047,795	69.50	127	646,351	18.16	511	100,710	8.47	1023	43,028	3.88
11	3,966,966	31	3,441,592	72.88	255	359,188	11.59	511	116,923	9.36	1023	49,264	6.17
12	2,213,432	31	929,772	27.29	31	948,792	39.66	63	279,368	26.26	255	55,499	6.80
13	2,441,042	31	1,065,403	23.17	31	1,061,350	45.29	63	304,312	30.72	511	9,977	0.83
14	2,519,303	31	1,081,928	23.36	31	1,114,043	44.42	63	323,331	30.60	1023	0	1.62
15	2,441,666	31	1,104,689	25.93	31	1,100,012	52.12	127	150,909	16.57	255	86,055	5.38
16	2,767,803	31	1,265,264	27.51	31	1,300,496	54.83	127	179,594	16.99	511	22,449	0.68
17	2,916,529	31	1,370,962	27.04	31	1,349,136	54.31	127	188,012	17.42	1023	8,418	1.24
18	3,147,569	31	1,511,582	30.81	31	1,558,039	59.64	255	77,949	8.99	511	0	0.56
19	3,185,608	31	1,576,435	29.42	31	1,515,947	58.59	255	91,979	8.73	1023	1,247	3.26
20	2,007,647	63	793,830	18.72	63	789,776	38.22	127	236,964	28.81	255	187,077	14.25
21	2,636,849	63	1,164,866	24.79	63	1,187,938	50.83	255	173,982	18.21	511	110,064	6.17
22	3,147,881	63	1,469,177	28.90	63	1,454,211	57.26	255	224,492	9.95	1023	0	3.89
23	1,980,833	31	716,193	16.68	31	770,133	33.62	31	494,507	49.20	511	0	0.51
24	1,773,489	63	508,849	10.25	63	505,419	20.02	31	750,490	69.13	511	8,730	0.60
25	2,235,569	63	842,158	15.36	63	830,310	31.62	63	556,866	46.32	511	6,236	6.71
26	1,099,389	63	283,110	9.80	63	287,475	19.43	63	187,077	30.32	63	341,727	40.46
27	932,890	127	179,282	6.96	127	174,605	14.60	127	114,741	20.70	63	464,263	57.74

## CONCLUSÃO

### 1.14 Conclusões finais

Tabela 15: Resumo das simulações – melhor desempenho por ambiente

Ambiente	Privilégio	Nro de estações	11 Mbps			5.5 Mbps			2 Mbps			1 Mbps			Vazão total
			CW	Vazão	%	CW	Vazão	%	CW	Vazão	%	CW	Vazão	%	
Fechado	Sem			223,245	21.86		301,817	29.55		207,032	20.27		289,346	28.33	1,021,440
	11 Mbps	3	31	3,441,592	86.76	255	359,188	9.05	511	116,923	2.95	1023	49,264	1.24	3,966,966
	5.5 Mbps	3	31	1,511,582	48.02	31	1,558,039	49.50	255	77,949	2.48	511	0	0.00	3,147,569
	2 Mbps	2	63	508,849	28.69	63	505,419	28.50	31	750,490	42.32	511	8,730	0.49	1,773,489
	1 Mbps	4	127	179,282	19.22	127	174,605	18.72	127	114,741	12.30	63	464,263	49.77	932,890
Total estações		12													
Aberto	Sem			106,634	12.71		188,636	22.49		275,938	32.90		267,520	31.90	838,728
	11 Mbps	1	31	1,742,622	67.76	255	367,606	14.29	511	273,756	10.65	1023	187,701	7.30	2,571,684
	5.5 Mbps	2	31	823,450	29.10	31	1,676,521	59.24	255	260,037	9.19	1023	70,154	2.48	2,830,162
	2 Mbps	3	63	151,844	10.73	63	291,528	20.61	31	960,640	67.91	511	10,601	0.75	1,414,613
	1 Mbps	5	127	53,317	6.73	127	98,839	12.48	127	148,726	18.78	63	491,077	62.01	791,959
Total estações		11													
Semi aberto	Sem			75,454	8.96		186,142	22.11		255,360	30.33		324,890	38.59	841,846
	11 Mbps	2	31	1,742,622	72.88	31	277,186	11.59	255	223,869	9.36	511	147,479	6.17	2,391,155
	5.5 Mbps	2	31	706,215	29.42	31	1,406,507	58.59	31	209,526	8.73	255	78,261	3.26	2,400,509
	2 Mbps	3	63	133,448	10.25	63	260,661	20.02	63	900,152	69.13	31	7,795	0.60	1,302,055
	1 Mbps	4	127	57,370	6.96	127	120,353	14.60	127	170,552	20.70	127	475,799	57.74	824,074
Total estações		11													

Analisando a Tabela acima é possível tirar algumas conclusões:

- O ambiente fechado por suas características e por ter a capacidade de conectar um número maior de estações consegue a melhor taxa de transmissão quando analisamos as simulações sem o uso da política;
- A situação se repete (ambiente fechado consegue a melhor vazão) para todos os cenários onde aplicamos a política de privilégio;
- Os melhores desempenhos para cada ambiente ao privilegiar determinada taxa foram alcançados com combinações diferentes de valores para a CW;
- Qualquer alteração nos valores de CW proporciona um resultado melhor do que as simulações sem o uso da política comprovando a eficácia da mesma.
- Analisando os resultados das simulações verificou-se que é possível criar diferentes políticas de privilégio, priorizando determinada taxa, por exemplo, permitindo um melhor desempenho para determinada taxa mantendo o desempenho de outra estação (ou grupo de estações) que estão recebendo dados a uma taxa diferente.

### **1.15 Contribuição**

O presente trabalho contribuiu no sentido de ampliar estudos anteriores mostrando que é possível, através da manipulação dos valores de CW, a criação de políticas que permitam aos administradores de rede privilegiar o acesso de determinada estação independente da taxa que a mesma está conectada. Demonstrou também através dos resultados obtidos que é possível privilegiar determinadas taxas ou utilizar cenários intermediários onde o volume de dados recebidos é superior ao volume alcançado sem a aplicação da política.

### **1.16 Cenários e trabalhos futuros**

Os resultados do presente trabalho demonstram que a aplicação das políticas de privilégio se mostra eficiente e contribue para um melhor desempenho das redes 802.11.

Com o crescimento do uso das redes wireless e conseqüentemente o crescimento do uso da MAC 802.11 aliado a possibilidade de criação e alteração dos firmwares que os atuais APs permitem (softwares abertos) um trabalho futuro a ser proposto seja o de implementar na prática a política de contenção utilizando como ponto de partida os resultados obtidos neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

BRANQUINHO, Omar C.; Corrêa, Claudemir E., Fonseca, L. S. Fonseca. Availability of Networks WLAN 802.11b with Fat and Thin Architectures. XXI Symposium for Brazilian Telecommunications-SBrT04-06, September 9, 2004, Belém-PA.

BRANQUINHO, Omar C., Reggiani, Norma, Ferreira, D. M. Mitigating 802.11 Mac Anomaly Using SNR To Control Backoff Contention Window. Wireless and Mobile Communications, 2006. ICWMC '06. International Conference.

CERVO, Amado L.; BERVIAN, Pedro A. *Metodologia Científica*. 5 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

Eficiência - <http://www.uninett.no/wlan/throughput.html> (acessado em 17/12/2007)

HEUSSE, Martin and Rousseau, Franck; Berger-Sabbatel, Gilles; Duda, Andrzej. Performance Anomaly of 802.11b, IEEE INFOCOM 2003.

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

Site NS – <http://www.isi.edu/nsnam/ns/> acessado em 13 de Janeiro de 2008.

Site vmware – <http://www.vmware.com> acessado em 13 de Janeiro de 2008.

TANENBAUM, Andrew S. *Redes de Computadores*. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2003. 950p.

## BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

BONAN, Adilson Rodrigues. Configurando e usando o Sistema Operacional Linux. SP: Futura, 2003.

COMER, D. E. Interligação em redes com TCP/IP. 5. ed. São Paulo: Campus, 2006.

FERREIRA, AURÉLIO BUARQUE DE HOLANDA. Dicionário Aurélio Eletrônico Século XXI, 1. ed. São Paulo: Editora Nova Fronteira, 1999. 3V.

FRANCA, Alexander. Tcl/Tk programação Linux. 1. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2005.

GARFINKEL, Simson, SPAFFORD, Gene. Practical Unix & Internet Security. 2. ed. O'Reilly & Associates, 1996.

KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. *Redes de Computadores e a Internet*. 3. ed. São Paulo: Pearson Education, 2003. 548p.

O'HARA Bob., PETRICK, Al. IEEE 802.11 Handbook – A Designer's Companion. IEEE Press. 2001.

RAPPAPORT, Theodore S. *Wireless Communications : Principles and Practice*. New Jersey: Prentice-Hall, 1996. cap. 3; cap. 4.

SEVERINO, Antônio Joaquim. *Metodologia do trabalho Científico*. 22ª edição. São Paulo : Cortez, 2002.

WELSH, Matt, et al. The Linux Bible. 2. ed. San Jose, CA, Yggdrasil Computing Incorporated, 1994.



```

set datar(10) 1Mb ;#dataRate do N(10)

set backoff(0) 31 ;#valor da janela de backoff
set backoff(1) 31 ;#valor da janela de backoff
set backoff(2) 31 ;#valor da janela de backoff
set backoff(3) 63 ;#valor da janela de backoff
set backoff(4) 63 ;#valor da janela de backoff
set backoff(5) 63 ;#valor da janela de backoff
set backoff(6) 127 ;#valor da janela de backoff
set backoff(7) 127 ;#valor da janela de backoff
set backoff(8) 255 ;#valor da janela de backoff
set backoff(9) 255 ;#valor da janela de backoff
set backoff(10) 255 ;#valor da janela de backoff

puts "+++++"
puts "DOWNLINK WIRED COM WIRELESS"
#puts "CBR0 = $rate_tx(0) Banda = $datar(0)"
#puts "CBR1 = $rate_tx(1) Banda = $datar(1)"
puts "+++++"

set opt(chan) Channel/WirelessChannel ;# channel type
#set opt(prop) Propagation/Shadowing ;# radio-propagation model
set opt(prop) Propagation/TwoRayGround ;# radio-propagation
model
set opt(netif) Phy/WirelessPhy ;# network interface type
set opt(mac) Mac/802_11 ;# MAC type
set opt(ifq) Queue/DropTail/PriQueue ;# interface queue type
set opt(ll) LL ;# link layer type
set opt(ant) Antenna/OmniAntenna ;# antenna model
set opt(ifqlen) 1000000 ;# max packet in ifq
#set opt(adhocRouting) DSDV
set opt(adhocRouting) NOAH
;# routing protocol

set opt(start) 1.0 ;# time to start simulation
set opt(cbr0_start) 2.0 ;# time to start cbr
set opt(cbr1_start) 3.0 ;# time to start cbr
set opt(cbr2_start) 4.0 ;# time to start cbr
set opt(cbr3_start) 5.0 ;# time to start cbr
set opt(cbr4_start) 6.0 ;# time to start cbr
set opt(cbr5_start) 7.0 ;# time to start cbr
set opt(cbr6_start) 8.0 ;# time to start cbr
set opt(cbr7_start) 9.0 ;# time to start cbr
set opt(cbr8_start) 10.0 ;# time to start cbr
set opt(cbr9_start) 11.0 ;# time to start cbr
set opt(cbr10_start) 12.0 ;# time to start cbr
set opt(cbr_stop) 40.0 ;# time to stop cbr
set opt(stop) 41.0 ;# time to stop simulation

#tamanho da topologia
set opt(x) 670 ;# x coordinate of topology
set opt(y) 670 ;# y coordinate of topology

#coordenadas das estações fixas
for {set i 0} {$i < $num_wired_nodes} {incr i} {

set xw($i) [expr $i*20]
set yw($i) [expr $i*10]
set zw($i) 0

```

```

    }

#coordenadas da BS (nÃ£o vale no NAM)
set x(BS)    300
set y(BS)    300
set z(BS)    0

#coordenadas da estacoes moveis (nÃ£o vale no NAM)
for {set i 0} {$i < $num_wl_nodes} {incr i} {

set x($i)    400
set y($i)    200
set z($i)    0
}

Agent/UDP set packetSize_ 1500
set opt(packetSize)      1500
#influencia na distancia entre estaÃ§Ãµes cabeadas no NAM
set opt(delay)           100ms

# =====
# Ajuste dos parametros
# =====
Propagation/Shadowing set pathlossExp_           2
Propagation/Shadowing set std_db_                0
Propagation/Shadowing set dist0_                 1.0
Propagation/Shadowing set seed_                  0

Antenna/OmniAntenna set X_                       0.0
Antenna/OmniAntenna set Y_                       0.0
Antenna/OmniAntenna set Z_                       1.5
Antenna/OmniAntenna set Gt_                       1
Antenna/OmniAntenna set Gr_                       1

Phy/WiredPhy set bandwidth_ 100e6

Phy/WirelessPhy set L_                           1.0
Phy/WirelessPhy set freq_                         2.4e9
Phy/WirelessPhy set bandwidth_                    11Mb
Phy/WirelessPhy set Pt_                           0.2818      ;# Potencia em W
Phy/WirelessPhy set CPTthresh_                    10           ;# limiar de colisao
dado em dB
Phy/WirelessPhy set CSTresh_                      3.1622777e-14
Phy/WirelessPhy set RXThresh_                     3.1622777e-13
Phy/WirelessPhy set debug_                         false

#Mac/802_11 set dataRate_                          11Mb; #definida durante o
programa
Mac/802_11 set basicRate_                           1Mb
Mac/802_11 set CWMin_                               31
Mac/802_11 set CWMax_                              1023
Mac/802_11 set SlotTime_                           0.000020      ;# 20us
Mac/802_11 set SIFS_                               0.000010      ;# 10us
Mac/802_11 set PreambleLength_                      72            ;#
preambulo curto
Mac/802_11 set PLCPHeaderLength_                    48            ;# 48 bits
Mac/802_11 set PLCPDataRate_                       2.0e6         ;# 1Mbps
Mac/802_11 set RTSThreshold_                       4000         ;# bytes

```



```

Mac/802_11 set ShortRetryLimit_          7          ;#
retransmittions
Mac/802_11 set LongRetryLimit_           4          ;#
retransmissions
Mac/802_11 set bandwidth_                11.0Mb

Node/MobileNode set X_                   0
Node/MobileNode set Y_                   0
Node/MobileNode set Z_                   0
Node/MobileNode set speed_               0
Node/MobileNode set position_update_interval_ 0
Node/MobileNode set bandwidth_           0          ;# not used
Node/MobileNode set delay_               0          ;# not used
Node/MobileNode set REGAGENT_PORT        0
Node/MobileNode set DECAP_PORT           1

# =====
# Setup Scheduler
# =====
set ns_ [new Simulator]

$ns_ color 1 Blue
$ns_ color 2 Red

# set up for hierarchical routing
$ns_ node-config -addressType hierarchical

AddrParams set domain_num_ 2

lappend cluster_num 1 2
AddrParams set cluster_num_ $cluster_num

lappend eilastlevel $num_wired_nodes 1 $num_wl_nodes
AddrParams set nodes_num_ $eilastlevel

# setup trace
$ns_ use-newtrace
set tracefd [open four.tr w]
set namtrace [open four.nam w]
set f0 [open out0.tr w]
set f1 [open out1.tr w]
set f2 [open out2.tr w]
set f3 [open out3.tr w]
set f4 [open out4.tr w]
set f5 [open out5.tr w]
set f6 [open out6.tr w]
set f7 [open out7.tr w]
set f8 [open out8.tr w]
set f9 [open out9.tr w]
set f10 [open out10.tr w]

$ns_ trace-all $tracefd
$ns_ namtrace-all-wireless $namtrace $opt(x) $opt(y)

# create and define topology object
set topo [new Topography]
$topo load_flatgrid $opt(x) $opt(y)

# create god object that keeps track of mobile node routing info
set god [create-god [expr $num_wl_nodes + 1]]

```

```

puts $num_wl_nodes
# =====
# Setup Network
# =====
# create wired nodes

for {set i 0} {$i < $num_wired_nodes} {incr i} {

    set w($i) [$ns_ node "0.0.$i"]
    $w($i) set X_ $xw($i)
    $w($i) set Y_ $yw($i)
    $w($i) set Z_ $zw($i)

}

# configure for BS
$ns_ node-config -adhocRouting $opt(adhocRouting) \
    -llType $opt(ll) \
    -macType $opt(mac) \
    -ifqType $opt(ifq) \
    -ifqLen $opt(ifqlen) \
    -antType $opt(ant) \
    -propType $opt(prop) \
    -phyType $opt(netif) \
    -channelType $opt(chan) \
    -topoInstance $topo \
    -wiredRouting ON \
    -agentTrace ON \
    -routerTrace OFF \
    -macTrace ON

# create and position base station node
set BS [$ns_ node 1.0.0]
$BS random-motion 0

$BS set X_ $x(BS)
$BS set Y_ $y(BS)
$BS set Z_ $z(BS)

# configure wireless nodes
$ns_ node-config -wiredRouting OFF
# create wireless nodes
Mac/802_11 set RTSThreshold_ 3000;
for {set i 0} {$i < $num_wl_nodes} {incr i} {

    ;#configuraÃoes da MAC
    Mac/802_11 set dataRate_ $datar($i);
    # Mac/802_11 set CWMin_ $backoff($i);
    # Mac/802_11 set CWMax_ $backoff($i);
    ;#criando as estacoes moveis
    set n($i) [$ns_ node "1.1.$i"]
    $n($i) base-station [AddrParams addr2id [$BS node-addr]]

    $n($i) set X_ $x($i)
    $n($i) set Y_ $y($i)
    $n($i) set Z_ $z($i)

}

```

```

# Create UDP agents and CBR Application
for {set i 0} {$i < $num_wl_nodes} {incr i} {
# Create Links entre estaÃ§Ã¶es fixas e switch
    $ns_ duplex-link $w($i) $w($num_wl_nodes) 100Mb $opt(delay) DropTail
    #outro tipo de fila que pode ser criada Ã© SFQ (stochastic fair
queueing)

    set udp($i) [new Agent/UDP]
    $ns_ attach-agent $n($i) $udp($i)

    set sink($i) [new Agent/LossMonitor]
    $ns_ attach-agent $w($i) $sink($i)

    $ns_ connect $udp($i) $sink($i)

    set cbr($i) [new Application/Traffic/CBR]
    $cbr($i) attach-agent $udp($i)
    $cbr($i) set packetSize_ $opt(packetSize)
    $cbr($i) set rate_ $rate_tx($i)

}

    $udp(0) set class_ 1
    $udp(1) set class_ 2

# Create link to base-station
$ns_ duplex-link $w($num_wl_nodes) $BS 100Mb $opt(delay) DropTail
$ns_ duplex-link-op $w(0) $w($num_wl_nodes) orient right-down
$ns_ duplex-link-op $w(1) $w($num_wl_nodes) orient right-up

# =====procedimento para plotar vazao
proc plotarVazao {} {

    global opt num_wl_nodes sink rate_tx n datar
    global taxa ;# o valor da variavel taxa deve ser declarado como
glogal pois esta dentro de um proc
    for {set i 0} {$i < $num_wl_nodes} {incr i} {
        set vazao($i) [expr [$sink($i) set bytes_]*8 / ($opt(stop) -
2.0)]
        puts "++++"
        puts "vazao($i) = $vazao($i) n($i)==> $datar($i)
CBR=$rate_tx($i) Mbps"
        puts "++++"
    }
}

# =====
# Setup simulation procedure
# =====
#puts "Starting Simulation with two pairs..."
for {set i 0} {$i < $num_wl_nodes} {incr i} {
#    puts stderr "cbr($i) start"
    $ns_ at 0.0 "record"
    $ns_ at $opt(cbr0_start) "$cbr(0) start"
    $ns_ at $opt(cbr1_start) "$cbr(1) start"
    $ns_ at $opt(cbr2_start) "$cbr(2) start"
    $ns_ at $opt(cbr3_start) "$cbr(3) start"
    $ns_ at $opt(cbr4_start) "$cbr(4) start"
}

```

```

    $ns_ at $opt(cbr5_start) "$cbr(5) start"
    $ns_ at $opt(cbr6_start) "$cbr(6) start"
    $ns_ at $opt(cbr7_start) "$cbr(7) start"
    $ns_ at $opt(cbr8_start) "$cbr(8) start"
    $ns_ at $opt(cbr9_start) "$cbr(9) start"
    $ns_ at $opt(cbr10_start) "$cbr(10) start"
    $ns_ at $opt(cbr_stop) "$cbr($i) stop"
}
# 2 defines the node size in nam
for {set i 0} {$i < $num_wl_nodes} {incr i} {
    $ns_ initial_node_pos $n($i) 2
}
# Tell all nodes when the simulation ends
for {set i 0} {$i < $num_wl_nodes } {incr i} {
    $ns_ at $opt(stop) "$n($i) reset";
}
$ns_ at $opt(stop) "$BS reset";

# ===== chamada plotar vazao
$ns_ at $opt(stop) "plotarVazao"

$ns_ at $opt(stop) "finish"
$ns_ at $opt(stop) "puts \"NS EXITING...\"; $ns_ halt"

proc finish {} {
    global ns_ tracefd namtrace f0 f1 f2 f3 f4 f5 f6 f7 f8 f9 f10

    close $tracefd
    close $namtrace

    close $f0
    close $f1
    close $f2
    close $f3
    close $f4
    close $f5
    close $f6
    close $f7
    close $f8
    close $f9
    close $f10

    # exec xgraph out0.tr out1.tr out2.tr out3.tr out4.tr out5.tr out6.tr
    out7.tr out8.tr out9.#tr out10.tr -geometry #1000x600 &
    exit 0
}

proc record {} {
    global sink f0 f1 f2 f3 bw0 bw1 opt f4 f5 f6 f7 f8 f9 f10
    #get an instance of the simulator
    set ns [Simulator instance]
    #intervalo para chamar proc novamente
    set time 1.0
    #set bw0 [$sink(0) set bytes_]
    #set bw1 [$sink(1) set bytes_]
    #pega a hora corrente
    set now [$ns now]
    #calcula a vazao
    puts $f0 "$now [expr [$sink(0) set bytes_]*8 / ($opt(stop) -2.0)]"
    puts $f1 "$now [expr [$sink(1) set bytes_]*8 / ($opt(stop) -2.0)]"
}

```

```

puts $f2 "$now [expr [$sink(2) set bytes_]*8 / ($opt(stop) -2.0)]"
puts $f3 "$now [expr [$sink(3) set bytes_]*8 / ($opt(stop) -2.0)]"
puts $f4 "$now [expr [$sink(4) set bytes_]*8 / ($opt(stop) -2.0)]"
puts $f5 "$now [expr [$sink(5) set bytes_]*8 / ($opt(stop) -2.0)]"
puts $f6 "$now [expr [$sink(6) set bytes_]*8 / ($opt(stop) -2.0)]"
puts $f7 "$now [expr [$sink(7) set bytes_]*8 / ($opt(stop) -2.0)]"
puts $f8 "$now [expr [$sink(8) set bytes_]*8 / ($opt(stop) -2.0)]"
puts $f9 "$now [expr [$sink(9) set bytes_]*8 / ($opt(stop) -2.0)]"
puts $f10 "$now [expr [$sink(10) set bytes_]*8 / ($opt(stop) -2.0)]"

#puts $f1 "$now [expr $bw1/$time*8/1000000]"
#reseta o valor de bytes_ no sink
$sink(0) set bytes_ 0
$sink(1) set bytes_ 0
$sink(2) set bytes_ 0
$sink(3) set bytes_ 0
$sink(4) set bytes_ 0
$sink(5) set bytes_ 0
$sink(6) set bytes_ 0
$sink(7) set bytes_ 0
$sink(8) set bytes_ 0
$sink(9) set bytes_ 0
$sink(10) set bytes_ 0

#re-schedule o procedimento
$ns at [expr $now+$time] "record"
}

# =====
# Start Simulation
# =====
# print simulation information
proc dump_node_info {} {
    global tracefd num_wired_nodes num_wl_nodes

    set s1 ""
    for {set i 0} {$i < $num_wired_nodes} {incr i} {
        set s1 "$s1 $i"
    }
    set s2 ""
    for {set i 0} {$i < $num_wl_nodes} {incr i} {
        set j [expr $i + 1 + $num_wired_nodes]
        set s2 "$s2 $j"
    }
    puts $tracefd "w:$s1"
    puts $tracefd "bs: $num_wired_nodes"
    puts $tracefd "m:$s2"
    puts $tracefd ""
}

# print node addr conversion table
proc dump_addr_conv {} {
    global tracefd num_wired_nodes num_wl_nodes

    for {set i 0} {$i < [expr $num_wired_nodes + $num_wl_nodes + 1]}
    {incr i} {
        puts $tracefd "$i $i"
    }
}

```

```
for {set i 0} {$i < $num_wired_nodes} {incr i} {
    puts $tracefd "0.0.$i $i"
}

puts $tracefd "1.0.0 $num_wired_nodes"

for {set i 0} {$i < $num_wl_nodes} {incr i} {
    puts $tracefd "1.1.$i [expr $num_wired_nodes+1+$i]"
}

puts $tracefd "4194304 $num_wired_nodes"
for {set i 0} {$i < $num_wl_nodes} {incr i} {
    set addr [expr 0x400000 + 0x800 + $i]
    puts $tracefd "$addr [expr $num_wired_nodes+1+$i]"
}

puts $tracefd ""
}

dump_node_info
dump_addr_conv

$ns_run
```

## APÊNDICE B – Ambiente tecnológico utilizado nas simulações

Para a realização das simulações foi utilizado o software NS 2.29 [site NS, 2007] O NS foi instalado em um sistema operacional Linux Red Hat AS release 3. Para obter flexibilidade e eficiência durante a pesquisa, o ambiente utilizado nas simulações (Linux e NS) foi instalado em uma máquina virtual com o uso do software vmware server 1.0.4 build-56528 [Site Vmware, 2008]. O uso do conceito de máquina virtual permitiu que o ambiente fosse replicado entre os notebooks e desktops do laboratório maximizando o uso destes equipamentos durante as simulações.

Nas Figuras 8, 9, 10 e 11 é demonstrado como acessar o vmware instalado no equipamento e iniciar o Linux instalado na máquina virtual criada anteriormente.

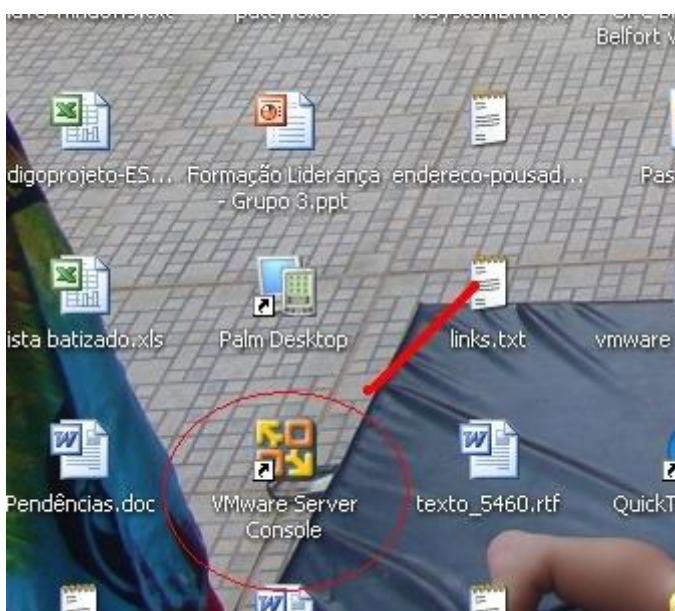


Figura 8: Ícone para acessar o vmware server

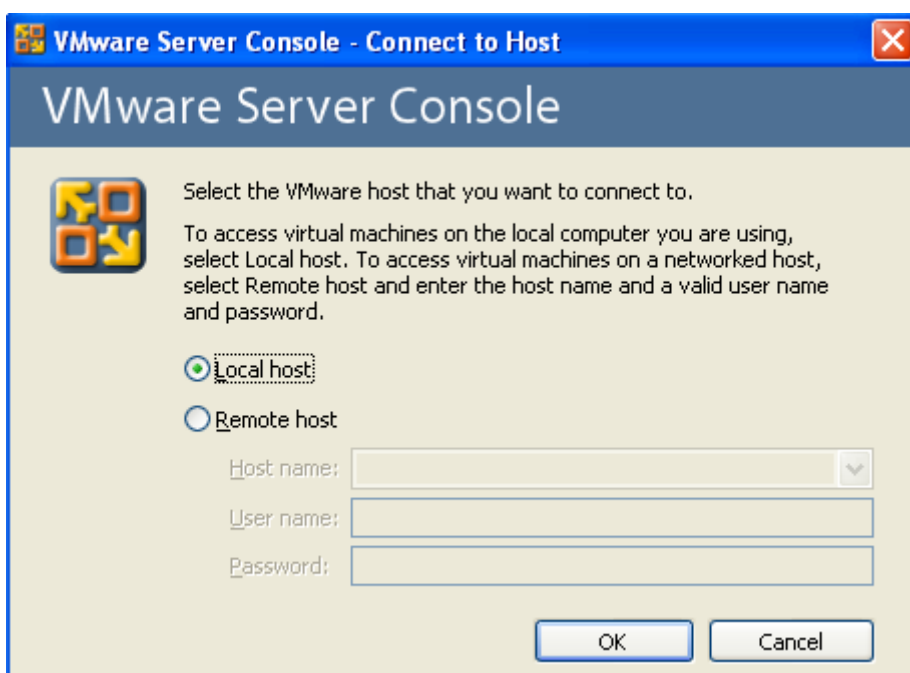


Figura 9: Opção Local Host para executar o software

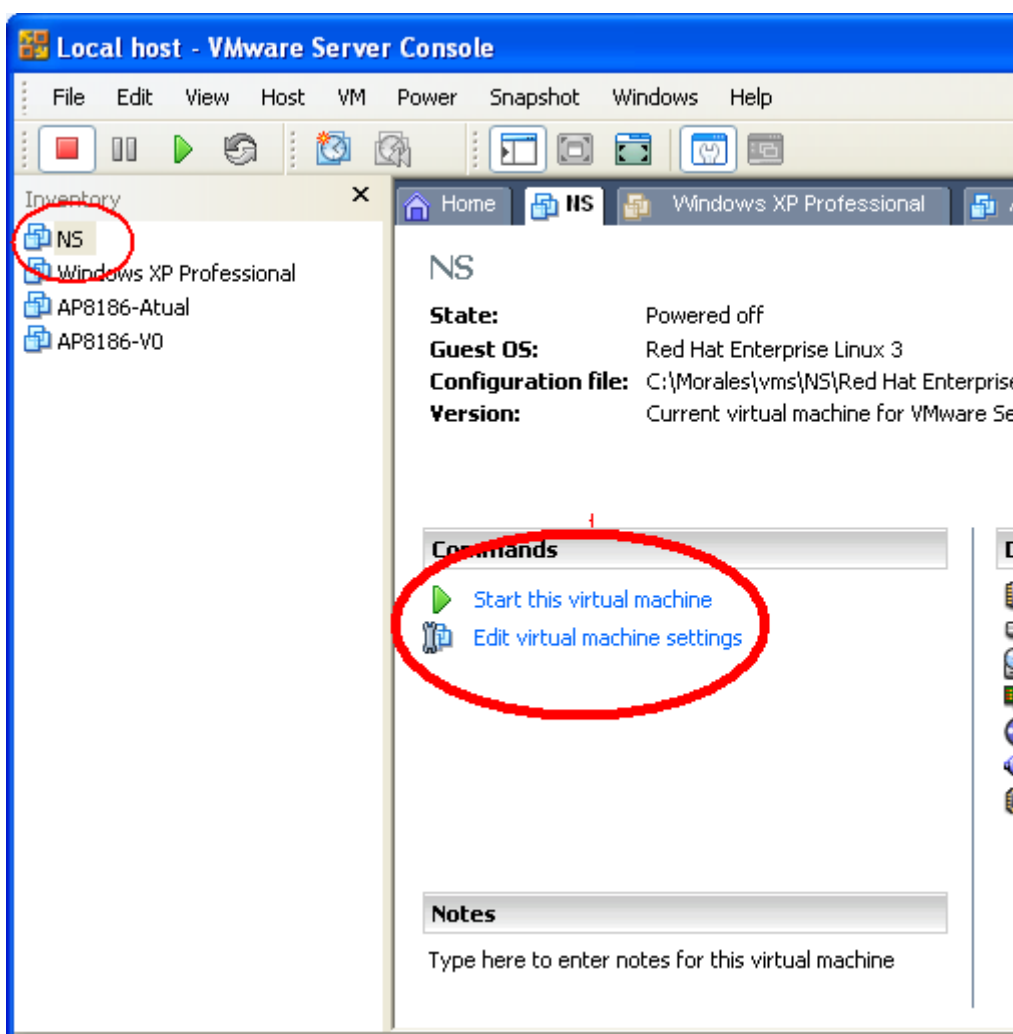




Figura 10: Iniciando a máquina virtual no Vmware Server

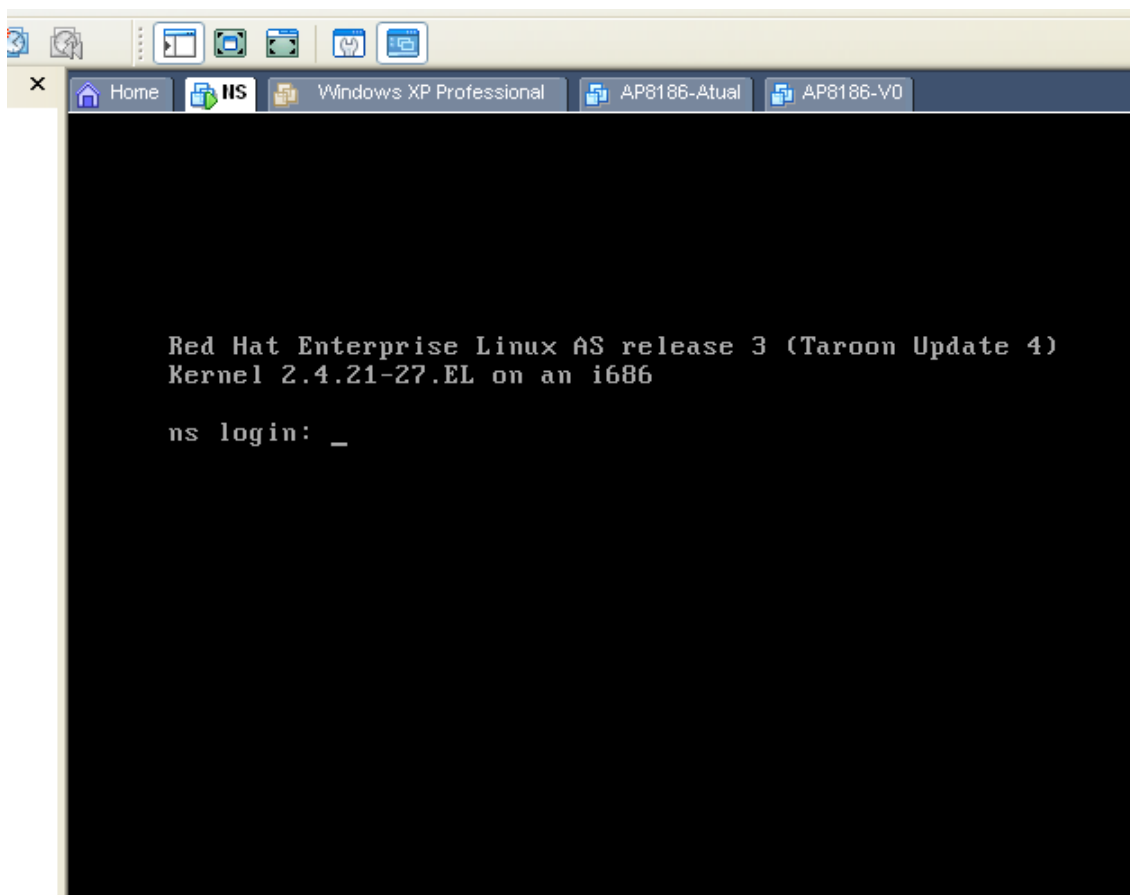


Figura 11: Linux iniciado com a tela de login

Uma vez efetuado o login no Linux, uma dica para facilitar o uso do sistema operacional é utilizar o comando `startx` para iniciar o modo gráfico.

Com o modo gráfico iniciado utilizamos o editor de texto (*Text Editor*) do Linux para facilitar as alterações nos scripts.

Os parâmetros alterados nos scripts [Apêndice A] foram os valores de CW. A alteração destes valores possibilitou todos os testes executados, variando o valor de CW (neste caso representado pela variável `backoff`) conforme o exemplo a seguir:

```
set backoff(0) 31           ;#valor da janela de backoff
set backoff(1) 31           ;#valor da janela de backoff
set backoff(2) 31           ;#valor da janela de backoff
set backoff(3) 63           ;#valor da janela de backoff
set backoff(4) 63           ;#valor da janela de backoff
set backoff(5) 63           ;#valor da janela de backoff
set backoff(6) 127          ;#valor da janela de backoff
set backoff(7) 127          ;#valor da janela de backoff
set backoff(8) 255          ;#valor da janela de backoff
```

```
set backoff(9) 255                ;#valor da janela de backoff
set backoff(10) 255              ;#valor da janela de backoff
```

Foi retirado também o símbolo # (Que tem a função de permitir a inserção de comentários) das linhas abaixo para permitir que os valores de CW fossem alterados a partir da 2º simulação para refletir as alterações desejadas.

```
# Mac/802_11 set CWMin_          $backoff($i);
# Mac/802_11 set CWMax_          $backoff($i);
```

Para executar o script utilizamos o comando **ns <nome do script>**. Após a execução da simulação foram gerados os arquivos outX.tr contendo a quantidade de bytes recebidos e o tempo em que os valores foram coletados (onde X corresponde ao número da estação, ex: out1.tr corresponde aos dados recebidos pela estação 1). Segue abaixo um exemplo do conteúdo dos arquivos outX.tr. O primeiro número é o segundo (tempo) em que a informação foi coletada dentro da simulação e o segundo número é a quantidade de bytes recebidos até aquele momento. A cada registro de valores o valor dos bytes recebidos é zerado para e inicia-se uma nova somatória.

```
3 103515.89743589744
3 0.0
3 0.0
3 0.0
3 0.0
3 0.0
3 0.0
3 0.0
3 0.0
3 0.0
3 0.0
3 0.0
3 0.0
3 0.0
3 0.0
4 103204.10256410256
```

Por conta da concorrência entre as estações conectadas pela banda e pela ocorrência da anomalia vários registros vem zerados nos arquivos outX.tr. Isto ocorre porque o script armazena as quantidades de bytes recebidos a cada um segundo e nem sempre as estações conseguem receber dados neste período.

Para limpar as linhas zeradas e carregar no Excel somente as linhas com pacotes recebidos (para facilitar o manuseio e as análises) o comando abaixo foi utilizado:

```
cat outx.tr |grep -v " 0.0$" > <arq>.
```

Onde arq é o nome do arquivo destino que você deve informar.

Como resultado temos abaixo o arquivo sem a ocorrência das linhas zeradas para ser importado para o excel a fim de permitir a análise.

```
3 103515.89743589744  
4 103204.10256410256  
5 73271.794871794875  
6 45522.051282051281
```

Todos os passos anteriores são realizados no ambiente Linux. Terminada esta etapa utilizamos algum programa de comunicação entre os sistemas operacionais Linux e Windows para transferir os arquivos com os dados das simulações para o Windows e desta forma utilizar os dados no Excel para analisar os resultados. Neste trabalho o software utilizado para fazer a transferência foi o WinSCP3 (software livre).

Após os dados serem importados para o Excel foi possível fazer todas as análises cujos resultados foram descritos.