

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA  
PROJETO INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

SELEÇÃO DE MODELOS DE PROPAGAÇÃO BASEADOS EM  
RAY-TRACING VISANDO O SUPORTE A SIMULAÇÃO DE REDES  
EM MALHA SEM FIO

Bolsita: Kleverson Santana da Paixão, CNPq

MANAUS

2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA  
PROJETO INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIÊNCIA

RELATÓRIO FINAL  
PIB-E/0045/2008  
SELEÇÃO DE MODELOS DE PROPAGAÇÃO BASEADOS EM  
RAY-TRACING VISANDO O SUPORTE A SIMULAÇÃO EM  
REDES EM MALHA SEM FIO

Bolsista: Kleverton Satana da Paixão, CNPq  
Orientador: Prof. Dr. Edjair de Souza Mota

MANAUS  
2009

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>5</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>6</b>
<b>2.1. Redes em Malha Sem Fio</b>	<b>6</b>
<b>2.2. Parâmetros que Influenciam na Transmissão</b>	<b>7</b>
<b>2.2.1. Mecanismos Básicos de Propagação</b>	<b>7</b>
<b>2.2.2. Propagação por Múltiplos-Percussos (<i>Multipath</i>)</b>	<b>7</b>
<b>2.2.3. Desvanecimento (<i>Fading</i>)</b>	<b>7</b>
<b>2.2.4. Demais Fatores</b>	<b>8</b>
<b>2.3. MODELOS DE PROPAGAÇÃO</b>	<b>8</b>
<b>2.4. TÉCNICA DE RAY-TRACING</b>	<b>8</b>
<b>3. MÉTODOS UTILIZADOS</b>	<b>10</b>
<b>4. ANÁLISE DE RESULTADOS</b>	<b>13</b>
<b>5. CONCLUSÕES</b>	<b>17</b>
<b>6. REFERÊNCIAS</b>	<b>18</b>
<b>7. CRONOGRAMA REALIZADO</b>	<b>20</b>

## RESUMO

É muito comum o uso de simulação para a avaliação do desempenho de rede de computadores em geral. Nesse contexto faz-se necessário que a modelagem da rede seja a mais fiel possível. Porém muitos pesquisadores consideram impraticável uma modelagem fidedigna e utilizam de modelos não confiáveis para fazerem as simulações, o que levam a resultados duvidosos. Porém trabalhos recentes têm mostrado que uma simulação mais realística é possível e que também é possível reduzir seus custos computacionais, principal gargalo quanto ao uso destes tipos de modelos. No ambiente de redes em malha sem fio, o uso de modelos de propagação realísticos se torna de grande importância, uma vez que estes se encontram ainda em estágio de desenvolvimento, o uso de simulação pode abrir um grande leque de possibilidades para o desenvolvimento do mesmo. Uma abordagem mais realista será estudada neste trabalho, onde mostrará o impacto que ele tem sobre as outras modelagens.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo ÁBELEM (2007), redes em malha sem fio (WMN, do inglês *Wireless Mesh Networks*) são redes com topologia dinâmica, variável e de crescimento orgânico, constituídas por nós onde a comunicação, no nível físico, é feita através de variantes dos padrões IEEE 802.11 e 802.16, e cujo roteamento é dinâmico.

Além de se tratar de uma alternativa as redes cabeadas vêm despertando a atenção dos pesquisadores, embora no início de seu desenvolvimento pois, diferencia-se da tecnologia 802.11 por não se restringir a abrangência de acesso de seus usuários, possibilitando comunicação sem fio em áreas que alcançam as dimensões de campi e ambientes metropolitanos.

Para desenvolvimento desta tecnologia faz-se necessário a avaliação do desempenho de seus protocolos e, nesse contexto, simulação estocástica é a ferramenta ideal de investigação quando ainda não dispomos de uma rede em malha sem fio real para efetuarmos medições. Deve-se destacar, que para se modelar uma rede em malha sem fio urbana com fidelidade é preciso empregar um modelo de propagação que considere as obstruções inerentes às construções, de acordo com AKYILDIZ (2005).

Costuma ser uma prática quase que geral, adotar modelos de propagação simplistas, ou porque modelos mais realísticos de propagação são tidos como computacionalmente intratáveis, ou porque se acredita que a propagação não pode ser modelada realisticamente. Excluindo tais motivos tem-se ainda o fato de que a maioria dos modelos simplistas já é encontrada em ferramentas de simulação de uso popular. Porém, conclusões baseadas em modelos simples de propagação podem conduzir a conclusões otimistas demais. O modelo de propagação determina as características do canal, que são utilizadas pela camada física para determinar a probabilidade de erro na transmissão.

QUEIROZ (2008) faz um estudo sobre o impacto que diferentes modelos de propagação têm sobre os resultados obtidos a partir de simulações, reforçando assim a necessidade de se fazer uso de modelos de propagação mais realísticos. E nesse contexto modelos baseados em *ray-tracing* vêm se mostrando bastante promissores, já que simulações feitas com estes modelos têm se mostrado bastante realista, embora tendam a consumir uma grande quantidade de recursos computacionais, porém existe o desenvolvimento de técnicas com o fim de se reduzir o esforço computacional destes, tornando-os uma das melhores alternativas para modelagem e simulação de redes em malha.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Redes em Malha Sem Fio

Redes em malha sem fio (WMN, do inglês *Wireless Mesh Network*) vêm despertando o interesse da comunidade científica por se tratar de uma alternativa às redes cabeadas. São redes com topologia dinâmica, variável e de crescimento orgânico, constituídas por nós cuja comunicação, no nível físico, é feita através de variantes dos padrões IEEE 802.11 e 802.16, e cujo roteamento é dinâmico. [ABELÉM (2007)]

Ainda no início do seu desenvolvimento, diferencia-se da tecnologia 802.11 por não restringir a abrangência de acesso de seus usuários, possibilitando comunicação sem fio em áreas que alcançam as dimensões de campi (*BerlinRoofNet* [BERLINROOFNET 2009], *Mesh@Purdue* [MESH@PURDUE 2009], *MIT Roofnet* [MIT 2009], *UCSB MeshNet* [UCSB 2009]) e ambientes metropolitanos como vem ocorrendo, por exemplo, em Dublin, Taipei, Pittsburgh e Filadélfia. Por eliminar a utilização de cabos, há uma dramática redução de custos e implementação, simplificando as operações da rede no dia a dia.

Podemos visualizar uma rede em malha sem fio como sendo uma arquitetura em dois níveis: (i) o nível superior é formado por roteadores em malha sem fio (WMR, do inglês *Wireless Mesh Router*) formando um *backbone* semelhante ao da Internet, com a diferença que a transmissão utiliza o ar como meio de propagação; (ii) o nível inferior é formado por grupos de clientes móveis associados a um roteador em malha. Sua arquitetura também se assemelha a arquitetura da Internet no que tange a questão de escalabilidade, pois como a comunicação ocorre em saltos através dos roteadores, para alcançar localizações mais distantes, é suficiente adicionar um roteador em malha, posicionando-os convenientemente.

A comunicação entre os clientes associados a um mesmo roteador em malha pode ser feita diretamente (conhecida como comunicação *ad hoc*) ou através do roteador em malha comum. As comunicações entre clientes de grupos distintos são efetuadas através do roteamento de mensagens entre os roteadores em malha da rede em malha sem fio. O *backbone* sem fio formado pelos roteadores se propõe a ser auto-organizado, isto é, os roteadores da rede em malha possuem sempre conectividade entre si e, em caso de quebra de uma rota de comunicação, os protocolos buscam rotas alternativas para não interromper o fluxo de dados. Devido os roteadores possuir localização fixa na rede, eles podem ser conectados diretamente na rede elétrica, não apresentando, portanto, restrições quanto ao consumo de energia elétrica. Quando um roteador possui acesso a Internet, ele passa a ser um

*gateway* (WMG) para os usuários do *backbone* em malha que precisam acessar a internet. É fácil deduzir que uma característica importante de uma rede em malha sem fio é que ela pode ser utilizada para integrar redes heterogêneas, cabeadas ou não cabeadas.

## **2.2. Parâmetros que Influenciam na Transmissão**

Em comunicação sem fio os diversos parâmetros que influenciam a qualidade da transmissão da rede são inerentes a tecnologia usada. A simulação da propagação pode ser a mesma para qualquer que seja a tecnologia adotada, alguns parâmetros podem ser adicionados com a finalidade de melhorar, naquele ambiente, a predição dos dados, porém, a base continua a mesma.

### **2.2.1. Mecanismos Básicos de Propagação**

Segundo RAPPAPORT (1996) existem três fatores básicos que influenciam a qualidade da comunicação em um ambiente sem fio, são: reflexão, difração e espalhamento. Esses fatores são normalmente responsáveis pela propagação em múltiplos-percursos e pelo desvanecimento do sinal.

### **2.2.2. Propagação por Múltiplos-Percursos (*Multipath*)**

Em uma propagação sem fio as ondas de rádio podem chegar ao receptor através de diferentes percursos ocasionado pela reflexão, difração ou espalhamento, a este fato denomina-se propagação por múltiplos-percursos, sendo comum em ambientes que possuam um grande número de obstáculos.

### **2.2.3. Desvanecimento (*Fading*)**

É uma variação na potência do sinal da onda de rádio transmitida em uma comunicação sem fio. Pode ser gerada por motivos diversos, podendo também, criar grande interferência na comunicação. Alguns tipos de desvanecimento segundo TAVARES (2008) são:

- Distância (*Path Loss*): é ocasionado pela atenuação da densidade da potência da onda eletromagnética à medida que ela se propaga no espaço.
- Lento: gerado a partir de um grande número de obstáculos entre o transmissor e o receptor;

□ Rápido: é a soma de todos os componentes de múltiplos percursos que chegam ao receptor, de mesmo sinal, mas com uma fase diferente.

#### **2.2.4. Demais Fatores**

Dentre os fatores abordados acima, existem outros que servem também para estimar a qualidade do sinal, como o atraso de propagação (*Delay-Spread*), conceituado como o fenômeno que ocorre quando diversas cópias da mesma onda de rádio chegam ao receptor por múltiplos percursos, e principalmente o ambiente em que a onda está se propagando (*outdoor* e *indoor*). Entre outros fatores se pode citar o ganho de antena, outras redes sem fio e até mesmo dispositivos que emitem onda eletromagnética.

### **2.3. MODELOS DE PROPAGAÇÃO**

Modelos de propagação têm como objetivo simular de forma realística o comportamento da força do sinal que atravessa o meio entre um transmissor e um receptor, em outras palavras, seu objetivo é estimar o ganho de canal, que é utilizado para verificar a probabilidade de ocorrer erro em uma transmissão.

Existem diversas técnicas computacionais com objetivo de tratar e estimar este ganho de canal, estas técnicas podem ser classificadas em modelos determinísticos e modelos estocásticos.

Modelos estocásticos são tidos como os mais realistas para a modelagem do canal sem fio, uma vez que esse varia no tempo e no espaço [RAPPAPORT (1996)]. Porém Sridhara (2007) apresenta um trabalho onde, para redes em malha sem fio, especificamente uma abordagem determinística é melhor do que a estocástica.

Porém sabe-se que independentemente da abordagem tomada, os modelos de propagação são a chave para uma boa simulação de um sistema de comunicação sem fio. E que diversas características devem ser adicionadas a ela a fim de prover melhores resultados.

### **2.4. TÉCNICA DE RAY-TRACING**

*Ray-Tracing* é uma técnica de óptica geométrica aplicada para estimar os níveis das altas-freqüência em campos eletromagnéticos. Óptica geométrica assume que a energia pode ser considerada como sendo radiados através de pequenos tubos,



chamados de raios. Em SARKAR (2003) há uma síntese sobre a modelagem por *ray-tracing*, dividindo em dois métodos: por imagem e por força bruta.

O método por imagem gera uma imagem da fonte em todos os planos. Estas imagens então servem como um fonte secundária para os subseqüentes pontos de reflexão. Se houver N planos refletindo, então haverá N imagens da fonte em primeira ordem,  $N(N-1)$  imagens de duas reflexões,  $N(N-1)(N-1)$  imagens de três reflexões em diante. [MCKOWN (1991) citado por SARKAR (2003)]

O método da força bruta consiste em lançar inúmeros raios em diversas direções e verificar aqueles que atingem o receptor, uma vez encontrados estes raios estimasse a perda ocorrida durante o trajeto da onda.

Embora o método por imagem seja eficiente, ele apenas pode ser usado em ambientes simples. Por outro lado, o método da força bruta é computacionalmente mais caro, porém de uma abordagem mais geral e também é o mais utilizado no desenvolvimento de modelos de propagação baseados em *ray-tracing*.

A parte essencial dos métodos de *ray-tracing* é como eles vão gerar e descrever os raios. Existem duas formas de se fazer isso, através de uma abordagem bi-dimensional e tri-dimensional, que basicamente é fazer a simulação do ambiente em uma abordagem bi ou tri dimensional. Em KIM (1999) citado por SAKAR (2003) é feita uma comparação entre modelos que utilizam métodos de duas e três dimensões.

ATHANASIADOU (2000) citado por SAKAR e SRIDHARA (2007) construíram modelos baseados em uma abordagem híbrida, usando ambos os métodos bi-dimensional e tri-dimensional. Embora haja um aumento do custo computacional e do tempo de execução, a predição de dados se tornou melhor.

O processo de simulação utilizando um modelo de propagação baseado em *ray-tracing* pode ser dividido em três partes: design no mapa do ambiente o qual se quer simular, processamento do mapa e determinação dos raios de propagação e simulação do ambiente, utilizando alguma ferramenta de simulação em rede (como QualNet e NS-2) utilizando os dados obtidos a partir do estágio anterior.

De todos os estágios, o segundo é o mais custoso, pois nesse estágio, é que podemos considerar que a simulação ocorre de fato, uma vez que informações como perda de potência, atraso, desvanecimento são analisados nesse estágio. Se analisarmos também pelo sistema de força bruta, quanto maior for o número de detalhes existentes no mapa criado, maior será o esforço computacional e o tempo da operação a ser executada.

### 3. MÉTODOS UTILIZADOS

Para realização deste trabalho inicialmente foi feito um estudo sobre redes em malha sem fio, dando enfoque principalmente ao estudo dos princípios de modelagem em redes sem fio. Em seguida fez-se um estudo breve estudo sobre simulação e um estudo um pouco mais aprofundado a respeito de modelos de propagação, a fim de dar suporte ao objetivo do trabalho.

Uma vez concluída a etapa acima foi feito um levantamento bibliográfico de modelos de propagação que utilizem a técnica *ray-tracing*. Dentre os modelos coletados foi selecionado aquele cujo modelo possuía uma implementação disponível para o uso.

A decisão de se usar um modelo já implementado foi tomado a partir dos passos necessários para o processamento e execução de uma simulação em um modelo baseado em *ray-tracing*, em virtude do tempo disponível e o número de modelos, com diferentes abordagens, o que inviabiliza a implementação deles.

A partir das considerações acima o modelo selecionado foi proposto por Sridhara (2007). O modelo de propagação chamado *UDel Models* é resultante da tese de doutorado de Sridhara, onde a proposta foi desenvolver um modelo de propagação realista para simulação em rede me malha sem fio em ambiente urbano.

Além da topografia do ambiente o modelo de propagação *UDel Models* leva em consideração a constituição das construções, isto é, se elas são feitas de madeiras, concreto, tijolo, etc. Sridhara (2007) explica que a constituição dos materiais tem diferentes impactos sobre a onda, e que este influência no seu percurso e perda, de tal maneira que tal consideração torna o modelo mais realista.

Na tese é feita a validação do modelo de propagação verificando o grau de semelhança entre experimentos de simulação com diversas medições em um ambiente real, utilizando métricas como perda de sinal e atraso. Uma vez que foi validado sobre tais aspectos torna-se inútil utilizar-se de mesma abordagem para a validação do mesmo neste trabalho.

A abordagem adotada e detalhada a seguir foi à verificação da influência da topografia nos resultados de experimentos de simulação, fazendo um comparativo com modelos de propagação que não se utilizam de tal parâmetro.

Os modelos escolhidos para tal comparação são o *Two Ray Ground* e o *Shadowing*. O primeiro modelo leva em consideração que a perda do sinal só ocorre devido a distância, que há uma reflexão da onda proveniente do solo, porém considera também que o terreno é totalmente plano e que não existe obstrução entre os nós. Sua seleção se deve ao fato de ser, de certa forma, uma melhora em relação ao

modelo *Free Space*, que considera como único fator que influencia na comunicação dos dados é a distância, que é a base para todos os modelos de propagação existentes.

O modelo *Shadowing* por outro lado leva em consideração um fator de perda  $\alpha$  além da distância, que representa o cenário que está sendo simulado, como por exemplo, ambiente urbano ou rural. Esse fator é responsável por adicionar perdas no sinal devido à reflexão, difração e dispersão, atribuindo um caráter mais realista ao modelo.

As simulações foram feitas através três cenários diferentes utilizando uma métricas de QoS que é a vazão de dados mais os modelos acima citados, além claro do modelo que é o enfoque do trabalho, *UDel Models*.

No primeiro cenário tem-se 6 nós e um prédio de 10 andares, onde 5 nós estão dentro do prédio em diferentes andares, e o nó restante está do lado de fora do prédio. O nó externo faz comunicações com os nós internos e verifica-se o impacto que o modelo tem sobre o ambiente utilizando as métricas já citadas. O objetivo deste experimento é mostrar o impacto que a topografia tem sobre a simulação, utilizando um modelo que utiliza deste parâmetro contra dois que não.

O segundo cenário é semelhante ao primeiro com exceção que apenas o *UDel Models* foi utilizado, porque desta vez a constituição do prédio é levada em consideração, são feitas simulações com três tipos de materiais: tijolo, concreto e vidro. Este experimento tem como objetivo consolidar o impacto da topografia bem como a constituição das construções.

O terceiro cenário difere-se do anterior, enquanto neles temos a comunicação ocorrendo de um nó externo para nós dentro de um prédio, neste cenário teremos dois nós em ambientes externos. Os nós encontram-se em uma rua a certa distância de comunicação, onde de cada lado da rua tem 1 prédio ou 2 prédios.

Antes de se simular os cenários descritos acima são necessários seguir alguns passos relacionados ao design do ambiente e geração da matriz propagação. A figura 1 extraída de Sridhara (2007), mostra todos os passos necessários para se executar uma simulação utilizando o modelo de propagação *UDel Models*.

O primeiro passo descrito na figura define o mapa da região urbana que será simulada. O processo envolve a edição do mapa e a adição dos nós roteadores. O terceiro estágio determina a matriz de propagação para a cidade. A matriz de propagação inclui características do canal como perda de potência, atraso, ângulo de chegada para cara origem e destino na cidade. Processamento do mapa (*processed map*) é usado para gerar o traçado de mobilidade. A partir do arquivo de traçado de mobilidade obtida a partir do estágio 4 e da matriz de propagação obtida no estágio 3,

o arquivo de traçado de propagação contém as características de propagação entre todos os pares de nós em um determinado tempo em que a simulação pode ser gerada. Por fim os arquivos de mobilidade e de traçado de propagação podem ser usados com qualquer simulador de redes, como por exemplo o NS-2.

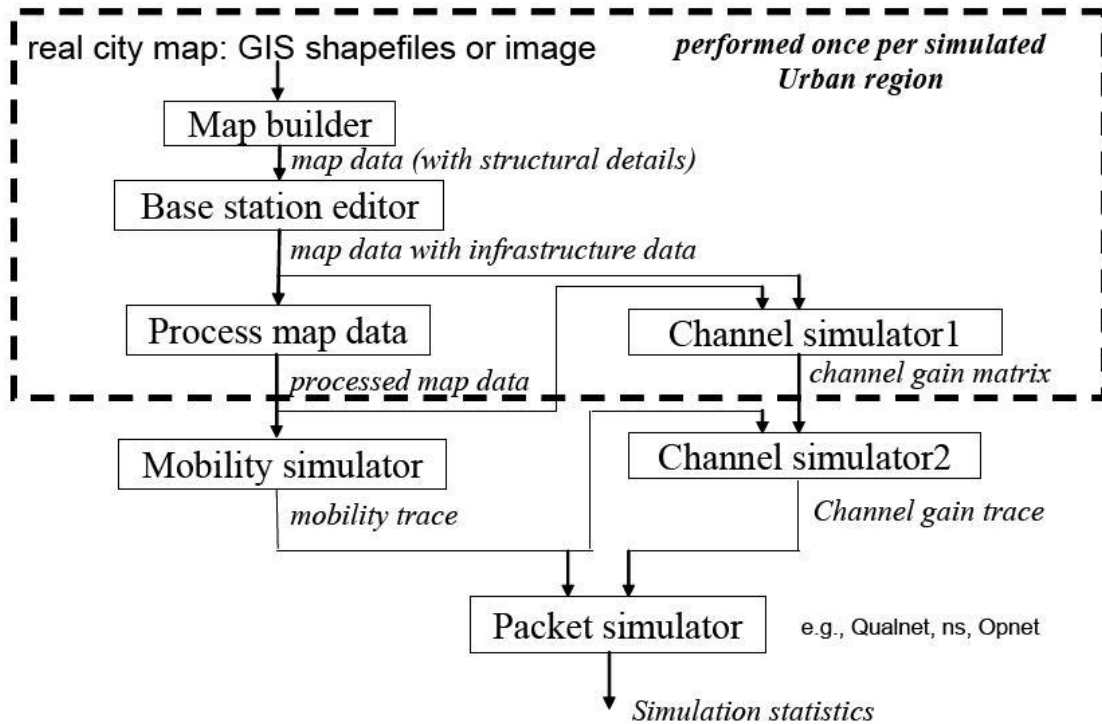


Figura 1 – Estágios para simulação no UDel Models

#### 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

O primeiro cenário avaliado é apresentado na figura 2 e os dados dos experimentos de simulação é apresentado no gráfico 1.

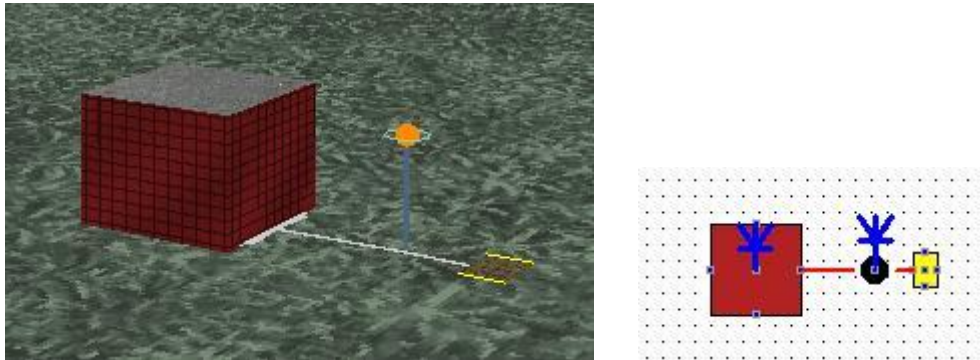


Figura 2 – cenário utilizado no primeiro experimento, versões 3D e 2D. Um nó externo ao prédio, representado com a ponta amarela (figura 3D). Os outros nós não são representados por estarem interno ao prédio.

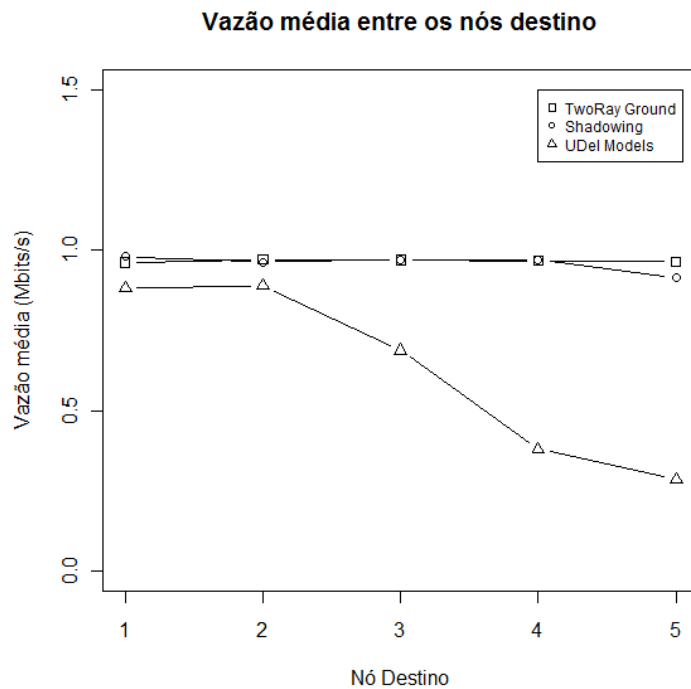


Gráfico 1 – gráfico da vazão média de uma transmissão entre o nó externo e os nós internos ao prédio do cenário 1

O Gráfico mostra que os modelos que não utilizam como parâmetro a topologia têm menor perda na vazão dos dados. Embora a queda provocada pelo uso do UDeI

Models pareça muito elevada, os próximos cenários comprovam o impacto da topologia.

A figura 2 e 3 mostram os prédios que serão utilizados juntamente com o da figura 1 para simular o impacto que a composição das construções tem com relação aos dados obtidos, os resultados são mostrados no gráfico 2.

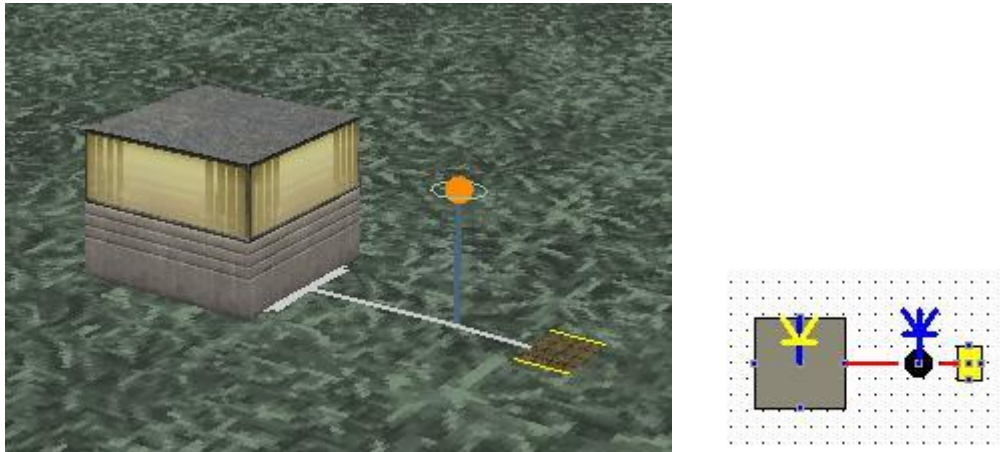


Figura 3 – cenário utilizado no segundo experimento, versões 3D e 2D. Um nó externo ao prédio, representado com a ponta amarela (figura 3D). Os outros nós não são representados por estarem interno ao prédio.

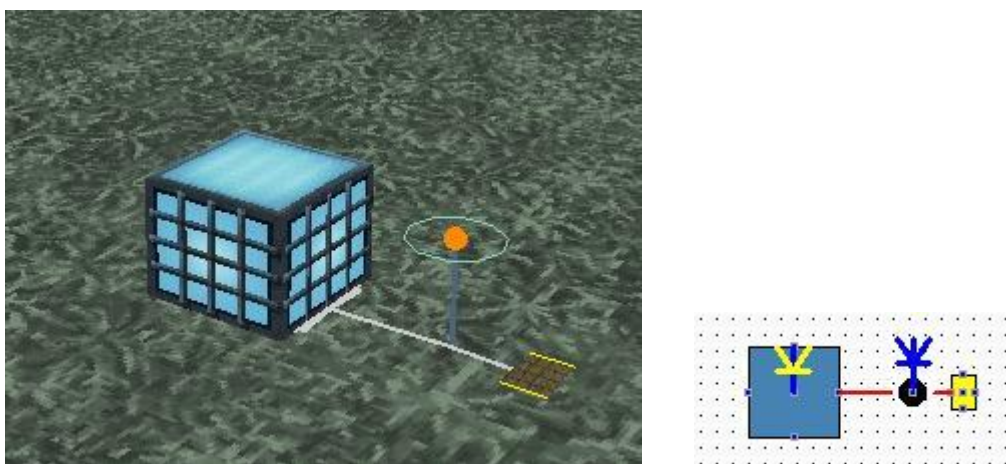


Figura 4 – cenário utilizado no segundo experimento, versões 3D e 2D. Um nó externo ao prédio, representado com a ponta amarela (figura 3D). Os outros nós não são representados por estarem interno ao prédio.

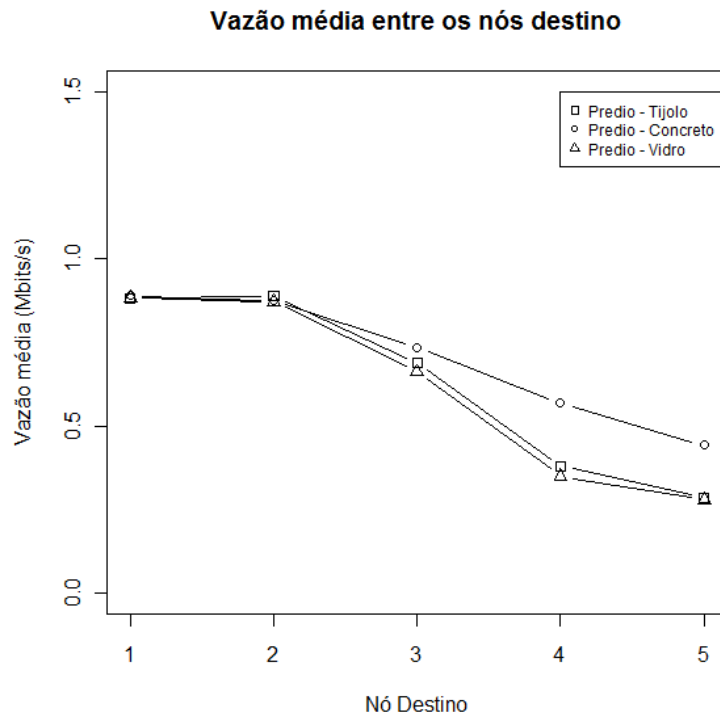


Gráfico 2 – gráfico da vazão média entre a comunicação entre uma estação base externa com nós internos ao prédio, mostrando o impacto que diferentes composições têm construções tem sobre os dados obtidos.

O terceiro cenário avaliado é apresentado na figura 3 tem seus resultados mostrado na tabela 1. O objetivo é mostrar o impacto que as construções possuem no caminho da onda entre o transmissor e o receptor.

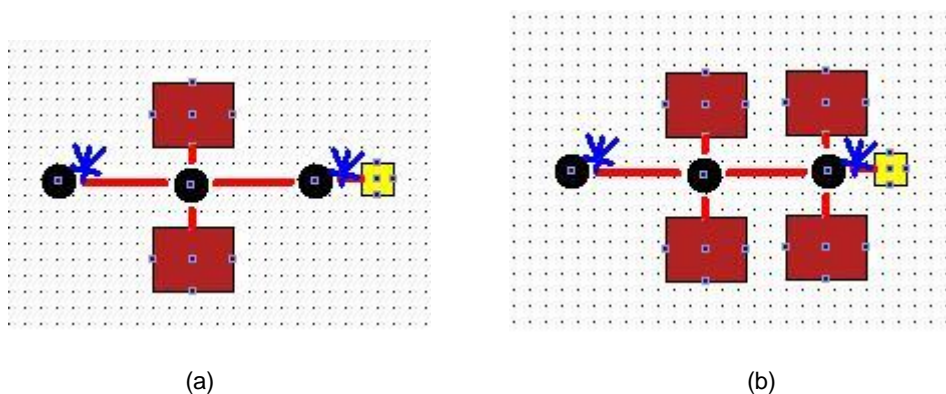


Figura 5 – Terceiro cenário simulado. A distância entre as estações bases é a mesma em ambos cenários. (a) cenário com dois prédios, em vermelho. (b) cenário com quatro prédios, em vermelho.

	Two Ray Ground	Shadowing	UDeI Models
2 Prédios	0.968196	0.509424	0.327600
4 Prédios	-----	-----	0.291236

Tabela 1 – Tabela de vazão para o cenário 3

Como observado no cenário 1 o modelo de propagação UDeI Models tem um maior perda da taxa de vazão a medida que se afasta do nós que está mais próximo do solo e mais próximo também da estação base. Apesar da perda de dados ser grande ela é justificada no cenário 2 pelo impacto que a composição do prédio também tem sobre a transmissão.

O cenário 3 mostra o impacto que do ambiente de modo mais amplo sobre a comunicação, percebe-se que os dados diminuem a medida que se aumenta a complexidade do ambiente. Os experimentos não foram replicados com o *Two Ray* e o *Shadowing* no ambiente com 4 prédios, uma vez que não existia nenhum parâmetro que se alterava com a adição desses prédios.

Observa-se também que em todos os experimentos os dados obtidos com o UDeI Model tinha grande diferença com relação aos dados obtidos com os outros modelos, mostrando que a topografia tem grande impacto sobre os dados obtidos, sejam eles via simulação ou medição real.



## 5. CONCLUSÕES

Os cenários utilizados no trabalho apesar de parecerem muito simples, alcançaram suas metas. O primeiro cenário tinha como objetivo mostra o impacto da topologia tomando como ambiente cuja disposição dos nós não esteja em um terreno plano. Para este objetivo foi escolhido um a utilização de um prédio onde os nós que receberão os dados se encontrassem internos a ele. Percebe-se claramente diante dos resultados obtidos que modelos cuja topografia não é um dos parâmetros predominantes na simulação da propagação da onda de rádio, tem pouca variabilidade nos dados obtidos, e que o modelo que leva em consideração a topografia, teve uma perda mais acentuada.

Porém, somente o parâmetro acima e com apenas um prédio não é o suficiente para afirmar que o modelo selecionado possui resultados mais confiáveis do que os demais. Para tal é importante considerar outros cenários, o cenário 2 mostra o mesmo prédio com diferentes estrutura composicional e mostra que os dados obtidos por estes, usando o UDel Models, varia, mesmo considerando que este fator também tenha grande impacto sobre os dados ainda não é possível se fazer nenhuma afirmação.

O cenário 3 apresenta um cenário totalmente externo e ainda a partir dele observa-se considerações com relação ao ambiente de forma ainda mais clara, uma vez que conforme ele se torna mais complexo os resultados tendem a se modificar.

Em QUEIROZ (2008), mostrou-se que diferentes modelos de propagação geram diferentes resultados das simulações feitas, aqui mostra-se que a consideração da topografia tem grande influência sobre os dados obtidos, vale ressaltar que os cenários aqui usados são de pequena escala se compararmos com um cenário urbano que represente uma cidade ou parte dela. Tomado este fato e os resultados obtidos pode-se afirmar sem perda de generalidade de que o impacto do topografia em relação a simulação de propagação cresce a medida que o cenário se torna mais complexo, tornando os dados obtidos mais confiáveis e realistas.

## 6. REFERÊNCIAS

ABELÉM, A.J.G, et al. Redes Mesh: Mobilidade, Qualidade de Serviço e Comunicação em Grupo. In: Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Belém, 2007. Livro texto dos minicursos, pp. 59-112.

AKYILDIZ, I. A.; WANG, Xudong; WANG, Weilin. Wireless mesh network: a survey. In: Computer Networks, Volume 47, 2005, pp. 445-487.

BERLINROOFNET. Disponível em: <http://sarwiki.informatik.hu-berlin.de/BerlinRoofNet>. Acesso em: maio de 2009

MESH@PURDUE. Disponível em: <http://engineering.purdue.edu/MESH>. Acesso em: maio de 2009

MIT ROOFNET. Disponível em: <http://pdos.csail.mit.edu/roofnet/doku.php>. Acesso em: maio de 2009

MOORE, David S.; MACCABE, George P.; Introdução à Prática da Estatística. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

NS-2 Network simulator. Disponível em: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>. Acesso em: 15 jan. 2009.

QUEIROZ, Saulo; et al. Impact Evaluation of Radio Propagation Models on Performance Parameters of Application Layer in Wireless Mesh Backbone Simulation. In: 12º IEEE Simpósio de Computadores e Comunicação, Marrakech 2008, pp. 566-571

RAPPAPORT, T. S., Wireless Communications: Principles & Practice. Prentice Hall PTR, 1996.

TAVARES, E. Um estudo de Voz sobre IP em Redes em Malha 802.11. 2008. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Telecomunicações) – Centro tecnológico, Universidade Federal Fluminense, Niterói.

UCSB MESHNET. Disponível em: <http://moment.cs.ucsb.edu/meshnet>. Acesso em

SARKAR, Tapan K, et al. A Survey of Various Propagations Models for Mobile Communication. In: IEEE Antennas and Propagation Magazine, Volume 45, 2003, pp. 51-82.

SRIDHARA, Vinay; BOHACEK, Stephan. Realistic Propagation Simulation of Urban Mesh Network. In: Compt. Netw, 2007.

MOORE, David S., MCCABE, George P. Introdução à Prática da Estatística. 3ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

## 7. CRONOGRAMA REALIZADO

Nº	Descrição	Ago 2008	Set	Out	Nov	Dez	Jan 2009	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
1	Estudar os fundamentos de redes em malha sem fio	X	X	X									
2	Estudar os princípios de modelagem de redes sem fio		X	X									
3	Estudar ferramenta de simulação ns-2			X	X	X							
4	Seleção de um modelo de propagação da classe ray-tracing				X	X	X						
5	Integração do modelo ray-tracing selecionado com ns-2					X	X	X	X				
6	Integrar o ns-2 ao Akaroa							X	X				
7	Planejar, projetar, implementar e conduzir experimentos de simulação de redes em malha sem fio a fim de validar o modelo selecionado.							X	X	X	X	X	
8	Instalação do ambiente no parque computacional do CENPAD(AM/SP)									X	X	X	
9	Avaliar o ganho do desempenho de simulações de redes em malha sem fio nesse ambiente										X	X	
	- Elaboração do Resumo e Relatório Final (atividade obrigatória)							X	X	X	X	X	
	- Preparação da Apresentação Final pra o Congresso												X
X – Atividade Realizada   X – Atividade não Realizada													