



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA**

**Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas - FATECS**

**Curso de Engenharia da Computação**

**Thiago da Silva Curinga**

**Orientador: M.Sc. Francisco Javier de Obaldía Díaz**

**IMPLEMENTAÇÃO DE UMA  
REDE WLAN PARA TRANSMISSÃO  
DE SINAL IPTV A COMPUTADORES**

Brasília, 2º semestre de 2008

**Thiago da Silva Curinga**

**IMPLEMENTAÇÃO DE UMA  
REDE WLAN PARA TRANSMISSÃO  
DE SINAL IPTV A COMPUTADORES**

Trabalho apresentado ao Centro  
Universitário de Brasília (UniCEUB) como pré-  
requisito para a obtenção de Certificado de  
Conclusão do Curso de Engenharia da Computação

Brasília, 2º semestre de 2008

## **AGRADECIMENTOS**

O agradecimento deste trabalho vai, em primeiro lugar a Deus, que me concedeu o dom da vida, e uma vida saudável, que me permite realizar as atividades diárias.

Em seguida, eu agradeço meus pais por acreditarem em mim, e possibilitarem uma ótima formação.

Agradeço também aos meus irmãos que ao seu modo me estimula uma evolução profissional e pessoal.

Agradeço a minha namorada Elisa, que me acompanhou por quase toda trajetória do curso de Engenharia da Computação e apoiando-me nos momentos de dificuldade.

Outra pessoa que merece este agradecimento é o Mestre Francisco Javier, quem me orientou nesse período, acreditando que seria possível a conclusão deste projeto.

## RESUMO

Compreender o que ocorre com a evolução tecnológica é uma tarefa árdua, quanto mais observado a velocidade progressiva dos fatos. A televisão sobre IP – IPTV – e as redes locais sem fio – WLAN – são exemplos claro do quanto o cotidiano das pessoas tem sido afetado com termos do meio técnico como: mobilidade e acessibilidade; esses dois conceitos são características fundamentais para o desenvolvimento deste projeto. O trabalho foca na convergência das tecnologias, objetivando mostrar a viabilidade da transmissão IPTV na rede WLAN.

Palavras-chaves: Redes sem fio, WLAN, IPTV, mobilidade, HTTP, Unicast, Multicast, UDP, TCP/IP, QoS, QoE, Wi-Fi, encapsulamento, compressão, transporte, VoD, LiveTV, VLC, VideoLAN.

## **Abstract**

Understand what occurs with the technology evolution is not an easy task, and it becomes even harder when looking close at the progressive speed of the facts.

The television over IP - IPTV - and the wireless local area networks - WLAN - are clear examples of how much people daily basis have become affected by technical terms like: mobility and accessibility; those two concepts are fundamental characteristics for the development of this project. This work is focused on technological convergence, with the objective to show the viability of a IPTV transmission over a WLAN network.

Keywords: Wirelesss Networks, WLAN, IPTV, mobility, HTTP, Unicast, Multicast, UDP, TCP/IP, QoS, QoE, Wi-Fi, encapsulation, compression, transport, VoD, LiveTV, VLC, VideoLAN.

# Sumário

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>2</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>3</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>4</b>
<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>10</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b> .....	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 MOTIVAÇÃO .....	13
1.2 OBJETIVO .....	15
1.2.1 <i>Objetivo geral</i> .....	15
1.2.2 <i>Objetivo específico</i> .....	15
1.3 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA .....	15
1.4 RESULTADOS ESPERADOS .....	16
<b>CAPÍTULO 2 – CONCEITOS BÁSICOS DE TPC/IP, REDE SEM FIO, IPTV E QUALIDADE DE SINAL</b> .....	<b>17</b>
2.1 ARQUITETURA DO MODELO TCP/IP .....	17
2.1.1 <i>Camada de aplicação</i> .....	19
2.1.2 <i>Camada de transporte</i> .....	19
2.1.3 <i>Camada Inter-redes</i> .....	19
2.1.1 <i>Camada de Host-redes</i> .....	20
2.2 REDES LANs SEM FIO (WLAN) .....	20
2.2.1 <i>Transmissão nas redes sem fio</i> .....	21
2.2.2 <i>Protocolos de redes sem fio</i> .....	22
2.2.3 <i>O padrão IEEE 802.11</i> .....	25

2.3 TRANSMISSÃO DO SINAL DE TV UTILIZANDO O PROTOCOLO IP - IPTV.....	26
2.3.1 Estruturas e serviços agregados ao IPTV.....	29
2.3.2 Estatísticas de utilização de TV por assinatura e ADSL.....	31
2.3.3 Estatísticas de crescimento e investimento em IPTV no Brasil.....	32
2.3.4 Estatísticas de crescimento e investimento em IPTV no mundo.....	33
2.3.5 Cuidados iniciais na implementação.....	34
2.3.6 Vídeos pela Internet e IPTV.....	34
2.3.7 Formatos de compressão de imagem.....	35
2.3.8 Recurso de RSTP para transmissões.....	37
2.3.9 Arquitetura de redes para transmissão de sinais IPTV.....	38
2.3.10. WLAN para distribuir IPTV.....	41
2.4 QUALIDADE DE SERVIÇO - QoS.....	41
<b>CAPÍTULO 3 – ESTRUTURA PARA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO DE TRANSMISSÃO</b>	
<b>DO SINAL IPTV EM REDE WLAN.....</b>	<b>44</b>
3.1 TOPOLOGIA APLICADA NO PROJETO.....	45
3.2 RECURSOS UTILIZADOS PARA IMPLEMENTAÇÃO.....	46
3.2.1 Especificações dos equipamentos usados.....	46
3.2.2 Especificação dos softwares utilizados.....	49
3.3 MEDIDAS DE DESEMPENHO.....	52
3.3.1 Tempo de resposta.....	52
3.3.2 Latência.....	53
3.3.2 Jitter (Flutuação).....	53
3.3.3 Throughput (Vazão).....	54
3.4 FUNÇÃO DE CADA RECURSO NA TOPOLOGIA DO PROJETO.....	54
3.5 AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA APLICADA PARA O PROJETO.....	55
<b>CAPÍTULO 4 – TRANSMISSÃO DO SINAL DE IPTV NA REDE WLAN.....</b>	<b>58</b>
4.1 PROCEDIMENTOS DE TRANSMISSÃO.....	59
4.1.1 Seleção e compressão do stream.....	59
4.1.2 Transmissão e recepção do sinal IPTV utilizando a rede WLAN.....	60
4.1.3 Envio e recepção do sinal IPTV por HTTP.....	64

4.1.4 Envio e recepção do sinal IPTV por Unicast.....	67
4.1.5 Envio e recepção do sinal IPTV por Multicast .....	69
<b>CAPÍTULO 5 – ANÁLISE DE RESULTADOS.....</b>	<b>71</b>
5.1 PROCEDIMENTOS PADRÃO PARA MEDIÇÕES .....	71
5.1.1 Medição e Análise da WLAN transmitindo sinal de IPTV .....	71
5.2 RESULTADOS OBTIDOS .....	71
5.2.1 Transmissão HTTP .....	72
5.2.2 Transmissão Unicast.....	75
5.2.3 Transmissão Multicast.....	78
<b>CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO E PROJETOS.....</b>	<b>83</b>
6.1 CONCLUSÃO .....	83
6.2 PROJETOS FUTUROS.....	85
<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>86</b>
REFERÊNCIAS IMPRESSA .....	86
REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS.....	87

## Índice de Figuras

Figura 2.1 - Modelos de Referência OSI x TCP/IP [Tanenbaum, 2003] .....	18
Figura 2.2 - Espectro magnético [ <a href="http://www.immanouel.com/imgFCK/img/Image/espectro.gif">http://www.immanouel.com/imgFCK/img/Image/espectro.gif</a> , 15/04/2008].....	22
Figura 2.3 - WLANs básicas [Mir, 2006].....	24
Figura 2.4 - Comunicação entre duas redes utilizando Pontos de Acesso sem fio.....	24
Figura 2.5 - Topologia genérica IPTV [ <a href="http://www.swbrasil.com.br/iptv/iptv.htm">http://www.swbrasil.com.br/iptv/iptv.htm</a> , 15/04/2008].....	30
Figura 2.6 - Gastos com novos equipamentos [Infonetics Research, 2007].....	33
Figura 2.7 - Taxa de ocupação da banda de transmissão [IPTV Crash Course, 2006] ..	36
Figura 2.8 - Estrutura de transmissão de IPTV [IPTV Crash Course, 2007] .....	40
Figura 3.1 - Topologia do laboratório de WLAN.....	45
Figura 3.2 - Tela de configuração do roteador D-Link DI-624.....	47
Figura 3.3 - Configuração do VLC 0.8.6i para transmissão multicast .....	50
Figura 3.4 - Configuração para captura do sinal IPTV no endereço multicast definido	51
Figura 3.5 - Instalação do Wireshark 1.0.4 .....	52
Figura 3.6 - Representação gráfica da Medição da Latência [Amador, 2008].....	53
Figura 3.7 - Gráficos de alta e baixa flutuação dos tempos de chegada de pacotes [Tanenbaum, 2003].....	54
Figura 3.8 – Diagrama de opções de entrada, tipos de distribuição e equipamentos de recepção [VideoLAN, 2007] .....	56
Figura 4.1 - Roteador e Servidor para implementação do projeto.....	59
Figura 4.2 - Seleção do stream a ser enviado pela rede no VLC.....	61
Figura 4.3 - Seleção do método de envio no VLC .....	62
Figura 4.4 - Formato de encapsulamento do stream pela rede no VLC .....	63

Figura 4. 5 - Time-To-Live do pacote na rede .....	64
Figura 4. 6 - Configuração do IP Server de envio do Stream.....	65
Figura 4. 7 - Definição de encapsulamento do Stream.....	66
Figura 4.0.8 - Configuração para visualização do Stream pela rede no cliente .....	67
Figura 4.9 - Exibição do Stream transmitido por HTTP .....	67
Figura 4.10 - Definição do endereço IP de destino do stream.....	68
Figura 4.11 - Configuração para recepção do stream no método unicast.....	69
Figura 4.12 - Configuração do método multicast de envio de stream.....	70
Figura 4.13 - Configuração de recebimento do stream por multicast .....	70
Figura 5.1 - Tela do Wireshark capturando os pacotes HTTP no cliente 1, IP 192.168.0.11 .....	74
Figura 5.2 - Tela do Wireshark capturando os pacotes HTTP no cliente 2, IP 192.168.0.12 .....	75
Figura 5.3 - Tela do Wireshark capturando os pacotes Unicast no cliente 1, IP 192.168.0.11 .....	77
Figura 5.4 - Tela do Wireshark capturando os pacotes Unicast no cliente 2, IP 192.168.0.12 .....	78
Figura 5.5 - Tela do Wireshark capturando os pacotes Multicast no cliente 1, IP 192.168.0.11 .....	81
Figura 5.6 - Tela do Wireshark capturando os pacotes Unicast no cliente 2, IP 192.168.0.12 .....	81

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Prazos máximos para implementação da TV Digital [Tude, 2006] .....	14
Tabela 2 - Revisões da IEEE 802.11 .....	25
Tabela 3 - Usuários de TV por Assinatura (em milhares) [Anatel, 2008].....	31
Tabela 4 - Total de conexões Banda Larga no Brasil Assinatura (em milhares) [Operadoras, ABTA e Teleco, 2008].....	32
Tabela 5 - Largura de Banda combinada com SP e WRR com mecanismos de fila.....	43
Tabela 6 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 1 por HTTP .....	72
Tabela 7 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 2 por HTTP .....	72
Tabela 8 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 3 por HTTP .....	73
Tabela 9 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 4 por HTTP .....	73
Tabela 10 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 5 por HTTP .....	73
Tabela 11 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões HTTP.....	74
Tabela 12 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 1 por RTP Unicast.....	75
Tabela 13 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 2 por RTP Unicast.....	76
Tabela 14 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 3 por RTP Unicast.....	76

Tabela 15 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 4 por RTP Unicast.....	76
Tabela 16 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 5 por RTP Unicast.....	77
Tabela 17 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões RTP Unicast .....	77
Tabela 18 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 1 por RTP Multicast.....	78
Tabela 19 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 2 por RTP Multicast.....	79
Tabela 20 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 3 por RTP Multicast.....	79
Tabela 21 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 4 por RTP Multicast.....	80
Tabela 22 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 5 por RTP Multicast.....	80
Tabela 23 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões RTP Multicast.....	80

## **Lista de Símbolos**

IPTV – Internet Protocol Television

WLAN – Wireless Local Area Networking

QoS – Quality of Service

QoE – Quality of Experience

HDTV – High-Definition TV

SDTV – Standard Definition TV

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers

ISO – International Organization for Standardization

OSI – Open Systems Interconnection

IP – Internet Protocol

TCP – Transmission Control Protocol

Wi-Fi – Wireless Networking

SP – Strict Priority

WRR – Weighted Round-Robin

WMM – Wi-Fi Multimedia

SSID – Service Set Identifier

AVI – Audio Video Interleave

AAC – Advanced Audio Coding

## **CAPÍTULO 1 – Introdução**

Este trabalho trata das tecnologias IPTV e rede local sem fio. Duas importantes tecnologias da informação com uso crescente nas comunidades acadêmica e comercial.

A seguir serão apresentados os motivos, objetivos e a estrutura nos quais esta monografia se fundamenta. Serão apresentados detalhes das bases teóricas e os conceitos utilizados como diretrizes no desenvolvimento do capítulo 3, que trata da implementação de uma rede WLAN para IPTV, utilizando computadores como equipamentos terminais.

### ***1.1 Motivação***

O sistema de transmissão analógica foi o precursor na comunicação a longas distâncias. Com diversas pesquisas, esse sistema evoluiu para o sistema de transmissão digital, que perde na originalidade do sinal, mas mantém a qualidade, garantindo a integridade da informação e facilita a comunicação [LEMOS, 2004].

Os meios de comunicação iniciaram essa transição para melhor atender seus consumidores. No Brasil, algumas emissoras de comunicação via rádio utilizam dessas vantagens. O governo federal tem incentivado as emissoras de televisão a fazerem o mesmo. Com essa atitude institutos de pesquisa e universidades trabalham para aprimorar a tecnologia adotada pelo Brasil [Hélio Costa, 2006].

O resultado desse incentivo veio como a adoção do padrão japonês de televisão digital, e a primeira transmissão oficial em 02 de dezembro de 2007 em São Paulo.

A Tabela 1 exprime o planejamento do Ministério das Comunicações quanto ao cronograma de implementação em todas as Unidades Federativas do país.

Nos últimos anos, o governo federal iniciou um busca pelo padrão para disponibilizar a televisão digital no Brasil. O resultado dos estudos foi a adoção do padrão japonês como núcleo do sistema. Sua primeira transmissão ocorreu em 02 de

dezembro de 2007, na cidade de São Paulo. Ela ainda tem caráter experimental, contudo, o Ministério das Comunicações disponibilizou um cronograma de oferta para todas as Unidades Federativas, conforme apresentado a seguir na Tabela 1.

**Tabela 1 - Prazos máximos para implementação da TV Digital [Tude, 2006]**

<b>Emissoras das Cidades</b>	<b>Prazo máximo para o requerimento</b>	<b>Prazo máximo para início de transmissão</b>
São Paulo	29/12/2006	29/04/2009
Belo Horizonte, Brasília, Rio de Janeiro, Salvador	30/11/2007*	10/03/2010
Belém, Curitiba, Goiânia, Manaus, Porto Alegre e Recife	31/03/2008*	31/07/2010
Campo Grande, Cuiabá, João Pessoa, Maceió, Natal, São Luís e Teresina	31/07/2008*	31/11/2010
Aracaju, Boa Vista, Florianópolis, Macapá, Palmas, Porto Velho, Rio Branco e Vitória	30/11/2008*	30/03/2011
Geradoras situadas nos demais Municípios	31/03/2009**	31/07/2011
Retransmissoras situadas nas capitais dos Estados e no Distrito Federal	30/04/2009***	30/08/2011
Retransmissoras situadas nos demais Municípios	30/04/2011***	30/08/2013

Fonte: Anatel;

(\* após 29/06/2007; (\*\*) após 01/10/2007; (\*\*\*) após o início da transmissão digital

Enquanto o sinal das concessionárias de TV digital não chega a todas as regiões, uma alternativa de ter o sinal é por meio da TV pela internet, conhecida como IPTV. Por outro lado, falar do avanço da internet, da oferta de largura de banda, de que com o sinal digitalizado torna-se viável a transmissão pela internet e que os usuários poderão assistir TV digital em suas residências, quer seja pela transmissão direta das

concessionárias de TV, tanto pela transmissão através das operadoras de telecomunicações que podem ofertar o serviço sobre o protocolo IP.

O serviço IPTV é real e na rede mundial podemos conferir alguns casos práticos de seu funcionamento como nos portais terra, lancenet, entre outros.

É notório o conhecimento da utilização do IPTV na rede mundial. Surge então o questionamento sobre qual arquitetura deve existir para o funcionamento do serviço na rede sem fio. Com essa pergunta, este trabalho conduz às pesquisas para conhecer os requisitos necessários que permitam o funcionamento da transmissão e implementação do IPTV em uma WLAN (Wireless Local Area Network).

## ***1.2 Objetivo***

### **1.2.1 Objetivo geral**

Provar a viabilidade da utilização da rede WLAN para o serviço IPTV aos computadores identificados por um servidor.

### **1.2.2 Objetivo específico**

Implementar uma rede WLAN para transmissão de IPTV aos computadores, verificando os parâmetros definidos para o QoE, e, quando necessário, realizar os tratamentos para ter o padrão atendido.

## ***1.3 Estrutura da monografia***

Este trabalho será dividido em seis capítulos principais, e estes se subdividirão em tópicos conforme a necessidade de descrição mais detalhada de cada tema.

O primeiro capítulo apresenta de forma introdutória o que será o trabalho. Neste encontra-se a especificação motivacional, objetivos, resultados esperados e a estrutura da monografia.

No segundo capítulo, são apresentados os conceitos e referencial teórico que fundamentam o desenvolvimento do trabalho.

O capítulo três mostra as especificações técnicas, o desenvolvimento do projeto e o ambiente a ser analisado e implementado.

O capítulo quatro demonstra o processo de desenvolvimento, instalação, configuração e implementação do ambiente.

O capítulo cinco trará os testes realizados e os resultados obtidos em forma comparativa com a expectativa.

E o capítulo seis traz as conclusões, dificuldades enfrentadas e sugestões de projetos futuros.

#### ***1.4 Resultados esperados***

Espera-se comprovar a viabilidade da transmissão do sinal de TV sobre IP – IPTV, em uma rede sem fio, apresentando parâmetros de desempenho similares aos da rede convencional que utiliza cabos para comunicar-se.

## **CAPÍTULO 2 – Conceitos básicos de TPC/IP, rede sem fio,**

### **IPTV e qualidade de sinal**

A transmissão de sinais utiliza infra-estruturas de redes baseadas em modelos amplamente estudados, como na transmissão de vários tipos de tráfego em redes sem fio.

A transmissão do sinal IPTV para este projeto se realizará utilizando protocolo de rede sem fio. Para maior esclarecimento do funcionamento, os conceitos de transmissão, algoritmo de compactação do áudio e vídeo a qualidade de serviço, serão apresentados a seguir, assim como a arquitetura TCP/IP, o padrão IEEE 802.11 e o sinal IPTV.

#### ***2.1 ARQUITETURA DO MODELO TCP/IP***

A troca de dados pode existir de qualquer maneira. Contudo, para uma comunicação efetiva é preciso uma forma comum entre emissor e receptor. Os protocolos de comunicação são responsáveis por esse trabalho. A inexistência dessas regras implica na inviabilidade da comunicação entre o emissor e o receptor; é como um japonês tentar conversar com um brasileiro sem nenhum deles conhecer o formato da linguagem do outro.

Os modelos mais conhecidos são ISO/OSI (International Standards Organization/Open Systems Interconnection) e TCP/IP. Embora os protocolos associados ao modelo OSI raramente sejam usados nos dias de hoje, o modelo em si é de fato bastante geral e ainda válido, e as características descritas em cada camada ainda são muito importantes [Tanenbaum, 2003]. Mesmo assim, apenas as camadas do TCP/IP serão apresentadas nesse projeto.

O modelo TCP/IP foi definido pela primeira vez em Cerf e Kahn (1974), passou por uma revisão em Leiner et al. (1985) e a versão base conhecida hoje foi discutida em

Clark (1988). [Tanenbaum, 2003]. Seu princípio se deu para interconectar sistemas de computadores através de linhas síncronas e redes locais de alta velocidade [Naugle, 2001].

Dos principais Sistemas Operacionais do mercado, o UNIX sempre utilizou o protocolo TCP/IP como padrão. O Windows dá suporte ao protocolo TCP/IP desde as primeiras versões, porém o TCP/IP somente tornou-se o protocolo padrão a partir do Windows 2000. Ser o protocolo padrão significa que o TCP/IP será instalado durante a instalação do Sistema Operacional, a não ser que um protocolo diferente seja selecionado. Até mesmo o Sistema Operacional Novell, que sempre foi baseado no IPX/SPX como protocolo padrão, passou a adotar o TCP/IP como padrão a partir da versão 5.0. [Battisti, 2004]

A sigla TCP/IP significa Transmission Control Protocol/Internet Protocol. A arquitetura TCP/IP baseia-se principalmente em um serviço de transporte orientado à conexão fornecido pelo Transmission Control Protocol - TCP, e em um serviço de rede não orientado à conexão fornecido pelo IP. [Soares Luiz, 1997]

A arquitetura Internet TCP/IP dá uma ênfase toda especial à interligação de diferentes tecnologias de redes [Comer, 1991]. Esta arquitetura é composta por quatro camadas (inter-redes, transporte, aplicação e host-redes), e uma subcamada.

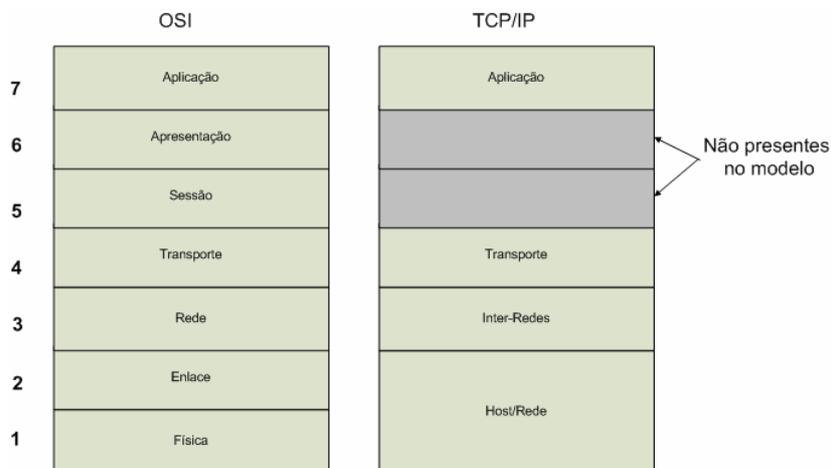


Figura 2.1 - Modelos de Referência OSI x TCP/IP [Tanenbaum, 2003]

### **2.1.1 Camada de aplicação**

Esta camada está relacionada com os programas que acessam serviços de rede. As camadas de sessão, apresentação e aplicação do modelo OSI foram conglomeradas na camada de Aplicação do modelo TCP/IP. São exemplos de protocolos desta camada: TELNET, FTP, DNS, SMTP, HTTP, SSH, POP3, BitTorrent, etc.

### **2.1.2 Camada de transporte**

Esta camada define o método de comunicação entre dois sistemas. Comparado ao modelo OSI pode-se afirmar que seu funcionamento está para com o mesmo nome [Alcott, 2001]. A principal função desta camada é garantir que as aplicações, tanto de origem como de destino, tenham uma comunicação fim a fim.

Para realização desta tarefa pode ser usado o TCP ou o UDP, que são os mais comuns. Com a utilização do TCP garante-se que os pacotes sejam entregues sem erros. Este protocolo pode ser caracterizado como orientado à conexão. O protocolo UDP utilizado por aplicações que não precisam de garantia de entrega. Este é caracterizado por não ser orientado à conexão.

### **2.1.3 Camada Inter-redes**

Necessitando de uma arquitetura capaz de transferir arquivos de dado e voz em tempo real, e conduzindo a escolha de uma rede de comutação de pacotes na interligação de redes sem conexões, definiu-se a camada inter-redes. Nela se define o formato de pacote oficial e um endereço IP (Internet Protocol). A tarefa da camada inter-redes é entregar pacotes IP onde eles são necessários. O roteamento de pacotes é uma questão de grande importância nessa camada, assim como a necessidade de evitar o congestionamento. [Tanenbaum, 2003]

“A camada inter-redes define um formato de pacote oficial e um protocolo chamado IP (Internet Protocol). A tarefa da camada inter-redes é entregar pacotes IP onde eles são necessários” . [Tanenbaum, 2003]

O trabalho realizado por essa camada pode ser ilustrado com o envio de correspondências através dos correios, onde as cartas são os pacotes e os correspondentes são computadores. Neste modelo é suficiente que se saiba o destinatário, pois o restante do trabalho é realizado pelo correio.

O trabalho realizado por essa camada pode ser ilustrado com o envio de correspondências através dos correios, onde as cartas são os pacotes e os correspondentes são computadores. Neste modelo é suficiente que se saiba o destinatário, pois o restante do trabalho é realizado pelo correio.

### **2.1.1 Camada de Host-redes**

Abaixo da camada de inter-redes encontra-se um grande vácuo. O modelo de referência não especifica muito bem o que acontece ali, exceto o fato de que o host tem que se conectar à rede utilizando algum protocolo para que seja possível enviar pacotes IP. Esse protocolo não é definido e varia de host para host e de rede para rede. [Tanenbaum, 2003]

Neste trabalho serão abordados aspectos funcionais das camadas de transporte e host-rede, focando no protocolo IP e a conectividade com redes sem fio, específico para transmissão IPTV.

## **2.2 Redes LANs sem fio (WLAN)**

Uma conexão wireless é qualquer forma de conexão entre dois sistemas, transmissor e receptor de dados, que não requeira o uso de fios. Para tanto, são utilizadas frequências de rádio ou sinais luminosos, geralmente na faixa de

infravermelho. Utiliza como meio de transmissão o ar ou o vácuo. Sistemas de comunicação wireless podem permitir o tráfego de voz, dados ou ambos. [Sousa, 2002]

As LANs sem fio são sistemas em que todo computador tem um modem de rádio e uma antena por meio dos quais podem se comunicar com outros sistemas. Existe um padrão para LANs sem fio, chamado IEEE 802.11, que a maioria dos sistemas implementa e que está se tornando bastante difundido. [Tanenbaum, 2003]

Na época em que o processo de padronização começou (meados da década de 1990), a Ethernet já havia dominado o mercado de redes locais, e assim o comitê decidiu tornar o IEEE 802.11 compatível com a Ethernet acima da camada de link de dados. [Tanenbaum, 2003]

### **2.2.1 Transmissão nas redes sem fio**

A IEEE 802.11 foi projetada para ser executada por três meios físicos diferentes – dois baseados no espectro de difusão do rádio e um baseado na difusão do infravermelho. [Peterson; Davie, 2004]

A idéia por trás do espectro de difusão é difundir o sinal por uma banda de frequência mais ampla que a normal, a fim de minimizar o impacto da interferência de outros dispositivos. (O espectro de difusão foi projetado originalmente para uso militar, de modo que esses “outros dispositivos” normalmente estavam tentando interferir no sinal). [Peterson; Davie, 2004]

A IEEE 802.11 define uma camada física usando o salto de frequência (por 79 larguras de banda de frequência de 1,0 MHz de largura) e uma segunda usando seqüência direta (usando uma seqüência de 2,4 GHz do espectro eletromagnético. Nos dois casos, o espectro de difusão também possui as características interessantes de fazer com que o sinal se pareça com ruído para qualquer receptor que não saiba a seqüência pseudo-aleatória. [Peterson; Davie, 2004]

O espectro eletromagnético é mostrado na figura 2.2. As porções de rádio, microondas, infravermelho e luz visível do espectro podem ser usadas na transmissão de informações, desde que seja modulada a amplitude, a frequência ou a fase das ondas.

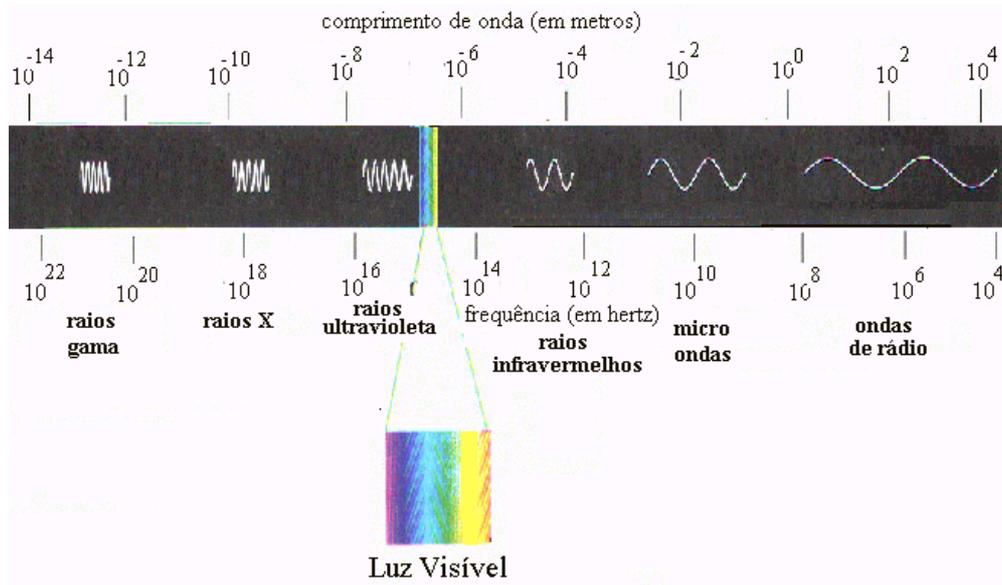


Figura 2.2 - Espectro magnético [<http://www.immanouel.com/imgFCK/img/Image/espectro.gif>, 15/04/2008]

### 2.2.2 Protocolos de redes sem fio

Para alcançar a verdadeira mobilidade, os notebooks precisam usar sinais de rádio (ou infravermelho) para comunicação. Dessa forma, os usuários dedicados podem ler e enviar mensagens de correio eletrônico enquanto estão dirigindo ou velejando. Um sistema de notebooks que se comunicam por rádio pode ser considerado uma LAN sem fio. Essas LANs têm propriedades um pouco diferentes daquelas que caracterizam as LANs convencionais e exigem o uso de protocolos especiais da subcamada MAC.

Uma configuração comum para um LAN sem fio é um edifício comercial com estações-base (também chamadas pontos de acesso) estrategicamente posicionadas no edifício. Todas as estações-base são interconectadas com o uso de cobre ou fibra. Se a potência de transmissão das estações-base e dos notebooks for ajustada para um alcance de 3 ou 4 metros, cada sala se tornará um única célula, e o edifício inteiro passará a ser

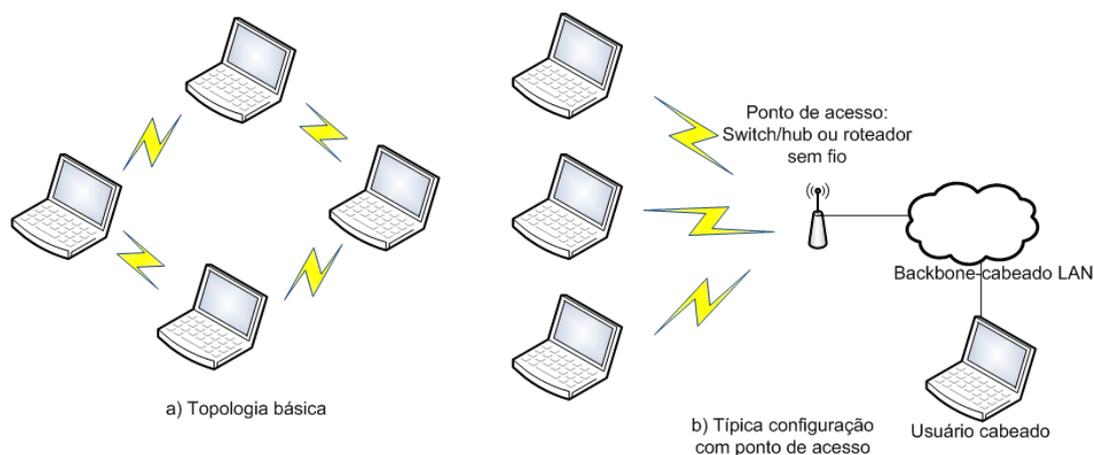
um grande sistema celular, assim como os sistemas telefônicos celulares tradicionais. Ao contrário dos sistemas telefônicos celulares, cada célula só tem um canal, que cobre toda a largura de banda disponível e todas as estações em sua célula. Em geral, sua largura de banda é de 11 a 54 Mbps.

Um dos protocolos para redes sem fio é o Multiple Access with Collision Avoidance for Wireless – MACAW. Criado para transmissor e receptor se comunicarem por meio de quadros curtos, assim evitando transmitir quando o segundo estiver recebendo quadro de dados grandes. Com essa função, ele permitirá o envio do sinal IPTV para um receptor sem que outras estações tentem enviar outros pacotes.

O protocolo Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection – CSMA tem a função de evitar colisões dos pacotes. Para o projeto, ele proporcionará uma transmissão que colabore para que o sinal tenha o QoS adequado, ou seja, a quantidade de colisões não interfere no resultado final. Ele pode trabalhar em conjunto com o protocolo IEEE 802.11 RTS/CTS que inicia a transmissão com uma requisição inicial e conforme o retorno o pacote é enviado. [Tanenbaum, 2003]

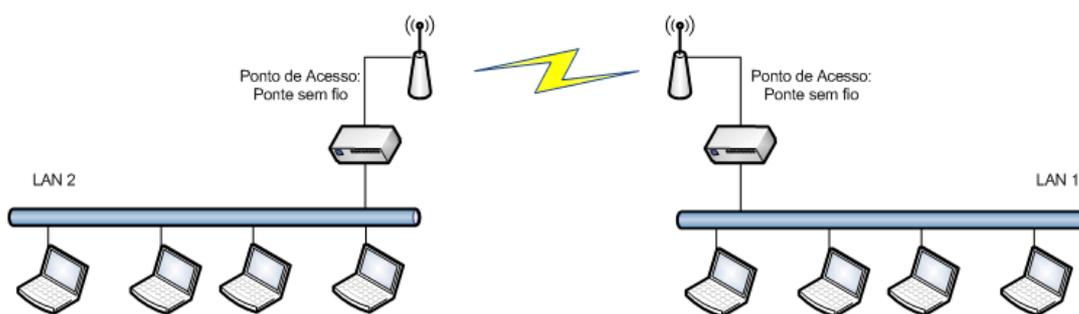
A grande demanda por serviços de voz e internet em alta velocidade e a dificuldade de se atender a todos os usuários via transmissão por meio de cabos, os altos custos, fazem com que a solução através de redes sem fio se torne atraente; em vários casos utilizada de forma complementar.

A forma encontrada para superar essas dificuldades foi a banda larga sem fio. O LMDS (Local Multipoint Distribution Service – Serviço de Distribuição Multiponto Local) foi criado para fornecer megabits de voz, internet, filme por demanda etc. No processo evolutivo, identificou-se que cada concessionário elaborava seu sistema, assim hardwares e softwares não podiam ter produção em massa. [Tanenbaum, 2003]



**Figura 2.3 - WLANs básicas [Mir, 2006]**

Cada WLAN usada na Figura 2.3 (b) tem um adaptador para ocorrer a comunicação no meio. Esse adaptador é responsável pela entrega, autenticação e confiabilidade dos dados. Para enviar dados para um usuário em uma LAN, um usuário da WLAN primeiro envia o pacote de dados para o ponto de acesso. O ponto de acesso reconhece o usuário wireless através do identificador único chamado service-set-identification (SSID). SSID é parecido com um sistema de proteção por senha que habilita qualquer usuário wireless em uma rede sem fio. Uma vez que o usuário foi autenticado, o ponto de acesso encaminha o pacote de dados para o usuário fixo destinado através do hub ou switch.



**Figura 2.4 - Comunicação entre duas redes utilizando Pontos de Acesso sem fio**

A Figura 2.4 mostra a topologia de duas redes se comunicando por pontos de acesso. Observando, percebe-se que nas duas sub-redes, nas LAN 1 e LAN 2, os

computadores estão conectados por cabo, e comente a rede maior se conecta pela rede sem fio.

### 2.2.3 O padrão IEEE 802.11

A real difusão de WLANs passa pela padronização. Até o momento existiam muitas implementações de tecnologias proprietárias para WLANs, com o conseqüente prejuízo de interoperabilidade. Para evitar este problema, o (IEEE) Instituto de Engenharia Elétrica e Eletrônica desenvolveu um padrão para WLANs chamado 802.11 para normatizar as técnicas de acesso ao meio (MAC) e convencionar frequências e amplitudes na camada física (PHY), da mesma forma que o padrão 802.3 garante a interoperabilidade de placas de rede Ethernet. Este padrão permite que se estabeleçam tanto redes baseadas em pontos de acesso como redes ponto-a-ponto. Foi aprovada no início de 1998. [Sousa, 2002]

Para a padronização IEEE 802.11 existem algumas revisões que propõem configurações adequadas à necessidade. A tabela 2.2 apresenta as revisões aprovadas, e algumas que estão com previsão de reconhecimento próximo.

**Tabela 2 - Revisões da IEEE 802.11**

Protocolo	Publicação	Frequência	Throughput	Taxa de Transmissão	Alcance em ambiente interno
Legacy	Novembro/1997	2.4 GHz	0,9 Mbps	2,0 Mbps	~20m
802.11a	Outubro/1999	5.0 GHz	23,0 Mbps	54,0 Mbps	~35m
802.11b	Outubro/1999	2.4 GHz	4,5 Mbps	11,0 Mbps	~38m
802.11g	Junho/2003	2.4 GHz	19,0 Mbps	54,0 Mbps	~38m
802.11n	Dezembro/2009	2.4 GHz e/ou 5.0 GHz	74,0 Mbps	300,0 Mbps (2 streams)	~70m
802.11y	Junho/2008	3.7 GHz	23,0 Mbps	54,0 Mbps	~50m

Fonte: IEEE

Este trabalho busca implementar a transmissão de IPTV pela rede sem fio, utilizando especificações conforme a Tabela 2. Especificamente, serão utilizadas as especificações do IEEE 802.11 g na implementação.

## ***2.3 TRANSMISSÃO DO SINAL DE TV UTILIZANDO O PROTOCOLO***

### ***IP - IPTV***

IPTV (Internet Protocol Television) é um termo que descreve um sistema onde o serviço de TV digital é entregue ao usuário utilizando-se IP (Internet Protocol) por uma conexão de banda larga. A tecnologia não é muito restrita e se um usuário assiste um fluxo de vídeo da Internet no seu computador, ele está utilizando a IPTV no seu conceito mais básico. Com o avanço da tecnologia da compressão de vídeo e o grande crescimento da capacidade e disponibilidade de elevada largura de banda na rede para usuários domésticos, a transmissão de vídeo em pacotes IPs se tornou possível, fazendo da IPTV uma realidade. [Moreira, 2007]

O investimento no mercado de IPTV está sendo feito na sua maior parte pelas empresas de telecomunicações. Elas já possuem um grande número de clientes para os serviços de voz e dados. Juntando com a grande estrutura de rede já existente, pode-se formar um grande sistema de distribuição de vídeo sobre IP; uma grande rede de IPTV. Dessa forma as empresas de telecomunicações passam a oferecer um serviço triplo (com voz, dados e vídeo), entrando como grande concorrente ante as emissoras de TV que já haviam passado a oferecer Internet banda larga por sua estrutura de transmissão (cabo ou satélite).

Da mesma forma que as empresas de TV a cabo utilizam o cabo coaxial como meio físico para conectar a Internet, as empresas de telefonia utilizam a conexão provida ao usuário (ADSL ou ADSL2, por exemplo) para entrega dos serviços de TV. A tríade voz/dados/vídeo é vista como o grande alicerce de comunicação de uma residência, e provavelmente um cliente só pagará a uma única empresa pelo pacote. O IPTV parece criar então uma grande revolução no mercado, exigindo que as duas vertentes (TV e empresas de telecomunicações) invistam na melhoria e ampliação dos

seus serviços, na briga pelos clientes em potencias que são, em sentido amplo, todas as residências do mundo. [Moreira, 2007]

Percebemos que devido à utilização do protocolo IP para transmissão de vídeo, a IPTV abre um grande leque de possibilidades para a nova geração de TV Digital, já que os demais serviços de comunicação (como voz e dados) também já migraram para o IP. Torna-se possível então à convergência de múltiplos serviços para a TV, capacidade que ainda não é explorada em sua magnitude.

Em se tratando da tecnologia, no sistema de IPTV, o vídeo é codificado em algum ponto e encapsulado em pacotes IP para então serem distribuídos pela rede. A codificação pode ser feita em MPEG-2, MPEG-4, H.264 ou ainda Windows Media. Como os pacotes de vídeo circulam na rede juntamente com pacotes de voz e dados, um esquema de QoS pode e deve ser aplicado para garantir uma boa qualidade do vídeo para os clientes, como vídeos sem travamentos, atrasos ou erros. Existem três protocolos específicos para desempenhar a tarefa de streaming sobre redes de dados: RTP – Real-time Transport Protocol, RTSP – Real Time Streaming Protocol e RTCP – Real Time Control Protocol. O RTP permite efetuar o transporte de conteúdos entre os servidores e os clientes. Em complemento, o RTCP disponibiliza funções de monitorização de dados, controle e identificação. Por último, o RTSP possibilita o controle remoto das ações do servidor, tais como: pausa, continuar, começar, entre outras. [Moreira, 2007]

Os protocolos RTP, RTCP e RTSP são usualmente implementados sobre o UDP, dado que, uma pequena percentagem de perda de pacotes é aceitável num processo de videoconferência. No entanto, a sua implementação sobre outros protocolos de transporte (mesmo os de transmissão fiável) também é válida. [Moreira, 2007]

O protocolo TCP é um protocolo de transporte que garante a correta entrega dos pacotes no destino. No âmbito do streaming, isto significa que sempre que existem perdas de pacotes na rede, o streaming pára durante o período de tempo necessário para o protocolo efetuar a retransmissão dos pacotes perdidos (ao contrário do que acontece com o UDP). Mesmo apresentando este comportamento, não se exclui a utilização do TCP como uma boa solução para a realização do streaming. O cliente realiza buffering dos dados recebidos, de forma a minimizar o efeito provocado por estas paragens.

Um problema encontrado para a transmissão de muitos canais de TV numa única linha ADSL2+, por exemplo, é a baixa capacidade de transmissão, que chega a, no máximo, 25Mbps. Esse problema não é encontrado para a transmissão por cabo, que suporta taxas de 4.5Gbps, o suficiente para um grande número de canais simultaneamente. [Moreira, 2007]

Para que seja possível o envio de mais de um canal para um cliente IPTV é utilizada uma estratégia que esconde a limitação de banda existente. Basicamente, ao efetuar uma troca de canal, ao invés de ocorrer uma sintonização num canal específico, como num sistema de TV a cabo, é enviada uma requisição de troca de canal utilizando o protocolo IP Group Membership Protocol (IGMP) v2. Dessa forma o IGPM, faz a troca do grupo multicast do usuário, que passará a receber o vídeo do novo canal requisitado. Mesmo em redes muito bem configuradas, problemas com o vídeo, como quadros perdidos podem ocorrer eventualmente. Em transmissões unicast, como VoD (Video on Demand), isso não representa um grande problema, pois pode-se simplesmente requisitar o envio novamente dos quadros perdidos. Mas numa transmissão multicast de determinado canal, as requisições de novos envios poderiam sobrecarregar a rede, ou mesmo inviabilizar o serviço. Para amenizar o problema, a transmissão multicast trás inúmeras formas de tratamento de erros. O multicast é

utilizado para a transmissão de um único canal para milhões de usuários, e resolve o problema muito bem. Mas o VoD é utilizada em transmissões unicast, utilizando o protocolo Real Time Streaming Protocol (RTSP) para controle da transmissão do vídeo, permitindo pausa, avanço, retrocesso e outras funcionalidades. [Moreira, 2007]

O sinal de TV por IP poder ser transmitido em redes domésticas ou empresariais como observado na sessão de redes sem fio neste capítulo. Mas, este pode ser distribuído na rede internet de computadores através de uma WLAN, viabilizando a implementação objetivada para este trabalho.

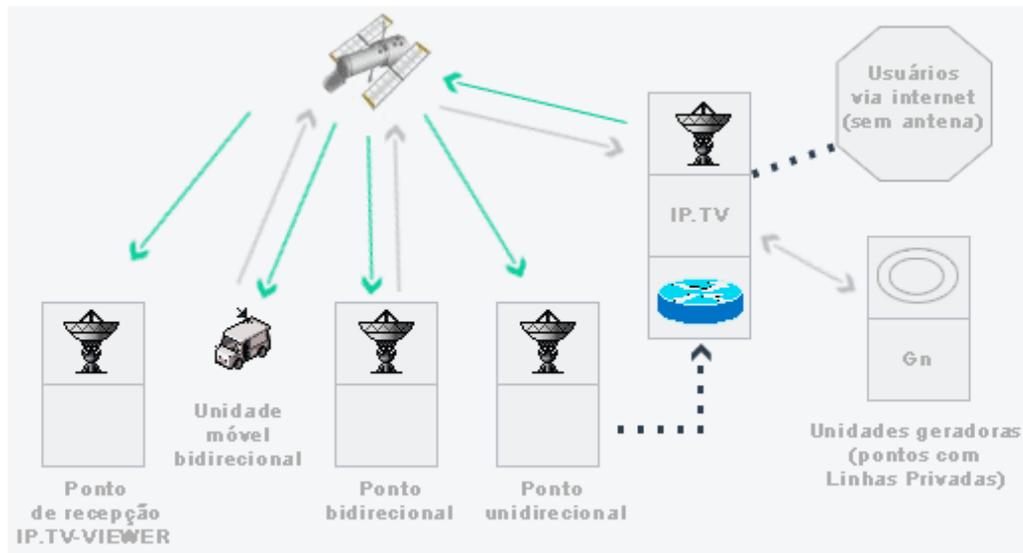
No serviço de IPTV podem ser incluídos serviços de broadcast de TV, bem como vídeo sob demanda (VoD). Geralmente para entrega do fluxo de vídeo se usa MPEG-2 Transport sobre IP Multicast. O fluxo de vídeo incluído no TS (Transport Stream) geralmente é codificado em MPEG-2 ou H.264.

Para esse trabalho, a transmissão se realizará na compactação de vídeo utilizando o formato MPEG-2, devido a que o objetivo deste é implementar o funcionamento da IPTV na rede WLAN levando em consideração alguns itens do sinal digital.

### **2.3.1 Estruturas e serviços agregados ao IPTV**

Estruturalmente todo o sistema de transmissão e recepção é composto por equipamentos de visualização ou adaptadores; provedores de acesso de banda larga; provedores de serviço de IPTV; provedores de conteúdo. Cada um desses tem uma função específica. A função dos equipamentos de visualização é transformar o sinal digital em um sinal que possa ser visualizado pelos usuários. A dos provedores de acesso de banda larga é disponibilizar uma rede que possa ser capaz de transportar todas as informações de vídeo e som. Os provedores de serviços de IPTV ficam entre os equipamentos de visualização dos usuários e os provedores de conteúdo, Já os

provedores de conteúdos armazenam, criam e organizam as informações que são transmitidas. A Figura 2.5 abaixo mostrar o que é a topologia genérica de uma arquitetura IPTV.



**Figura 2.5 - Topologia genérica IPTV [http://www.swbrasil.com.br/iptv/iptv.htm, 15/04/2008]**

É importante ressaltar que o IPTV não consiste apenas em transmitir televisão. Essa solução agrega jogos interativos, acesso a bibliotecas, t-commerce e serviços de segurança.

Entre os serviços que podem ser agregados com esse novo conceito está t-commerce. Imaginemos que durante uma transmissão de um filme ou show apareça um produto qualquer. Se o telespectador quiser comprar este produto bastará clicar em cima da imagem que abrirá o recurso de compra e ele poderá comprar este produto. Poderemos ter também a facilidade de comunicação, se durante uma entrevista o usuário desejar falar com o entrevistado, também bastará dar alguns cliques e poderá conversar com o entrevistado.

Entre outras facilidades pode-se juntar as contas, pois será possível a geração de uma única fatura que agregaria conta de telefone, Internet e TV a cabo, por exemplo. Na

rede interna, o sinal poderia ser distribuído aos diversos pontos, TVs ou computadores através da rede WLAN.

### 2.3.2 Estatísticas de utilização de TV por assinatura e ADSL

Para termos uma idéia do potencial de mercado do IPTV no Brasil temos que ver as estatísticas de número de usuários de TV por assinatura, total de conexões em banda larga com ADSL.

A seguir será apresentada a Tabela 3 com o número de assinantes de TV a cabo no Brasil.

**Tabela 3 - Usuários de TV por Assinatura (em milhares) [Anatel, 2008]**

Milhares	1T07	2T07	3T07	4T07	1T08	2T08	3T08
TV a Cabo	2.924	3.017	3.134	3.228	3.297	3.458	3.658
DTH	1.541	1.644	1.698	1.762	1.845	1.964	2.059
MMDS	272	292	319	346	356	363	382
TVA (UHF)	5,7	7,5	10,4	12,3	15	17	20
Total	4.743	4.961	5.161	5.349	5.512	5.802	6.119
Densidade*	2,49	2,61	2,71	2,81	2,9	3,03	3,18

Fonte: Anatel

(\*) Assinantes/100 hab

Segundo a Tabela 3, o Brasil atingiu a marca de 5.349.000 assinantes de TV a cabo em 2007. Em 2008 esse número superou a marca de 6 milhões de assinantes. No primeiro trimestre de 2008, 450.000 novos consumidores entraram para esse grupo. Já habituados com essa tecnologia, esses podem ser futuros consumidores de um serviço IPTV. É nesse ponto que as operadoras de Telecomunicação disputam os clientes com o serviço de TV.

**Tabela 4 - Total de conexões Banda Larga no Brasil Assinatura (em milhares) [Operadoras, ABTA e Teleco, 2008]**

Milhares	1T01	2T07	3T07	4T07	1T08	2T08	3T08
ADSL	4.573	4.881	5.241	5.590	5.930	6.339	6.726
TV Assinatura	1.347	1.413	1.585	1.943	1.943	2.100	2.431
Outros (Rádios)	120	123	125	375	405	415	420
Total	6.040	6.417	6.951	7.718	8.278	8.854	9.577
Acessos/100 hab.	3,2	3,4	3,7	4,1	4,3	4,6	5,0

Fonte: Operadoras, ABTA e Teleco, não inclui satélite e IP dedicado

(\*) Estimativa preliminar

A Tabela 4 mostra a quantidade de conexões em banda larga em cada trimestre de 2007, nos dois primeiros de 2008 e a estimativa para o terceiro desse mesmo ano. A quantidade apresentada representa o total de conexões possíveis, de imediato, para acesso a IPTV no mercado brasileiro.

A conexão em banda larga é condição necessário para transmissão do sinal IPTV. Esse fato ocorre devido a largura de bande requerida. Com a popularização da tecnologia, os usuários da TV Digital aberta poderão ter acesso a conexões banda larga, aumentando o potencial de operação permitidas.

### **2.3.3 Estatísticas de crescimento e investimento em IPTV no Brasil**

A expectativa de evolução do mercado de IPTV no Brasil é muito boa, contudo, as operadoras e fornecedoras de aparelhos aguardam a regulação das atividades no setor pelo governo federal. Essa cautela se faz necessário pela entrada das operadoras telefônicas no segmento de TV por assinatura. [Marques, 2008]

Empresas como Oi e GVT adiaram o lançamento de seus produtos para 2009. Aguardam o projeto de lei 29, em debate no congresso nacional. [Marques, 2008]

Para evitarem a estagnação, ou o grande retardo nas pesquisas, essas empresas tem desenvolvido soluções corporativas, ou, como a BrasilTelecom, VoD. [Marques, 2008]

A WLAN tem papel importante para o crescimento deste segmento, pois sua mobilidade e acessibilidade proporcionam tanto para os usuários de áreas próximas aos grandes centros, quanto aos usuários remotos de usufruírem do serviço.

### 2.3.4 Estatísticas de crescimento e investimento em IPTV no mundo

Segundo um estudo divulgado pela consultoria em tecnologias para mercados emergentes ABI, os serviços de IPTV já alcançaram a marca de 13,5 milhões de usuários, em todo o mundo em 2007. [VoIP, 2008]

A pesquisa ainda prevê que o número de usuários será superior a 90 milhões até o final de 2013. O estudo da ABI antecipa crescimento substancial, particularmente na América do norte e nos países em desenvolvimento. [VoIP, 2008] A Figura 2.6 mostra a estimativa de faturamento para transmissões IPTV no mundo até 2009.

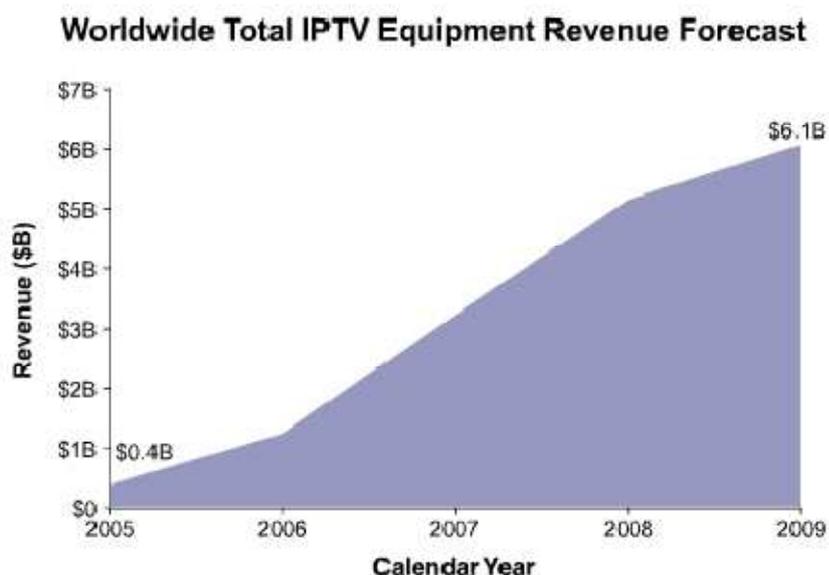


Figura 2.6 - Gastos com novos equipamentos [Infonetics Research, 2007]

Na Bélgica atualmente existem mais de 200 mil assinantes de IPTV. A França pode ser considerado o país que detêm o maior número de assinantes da Europa. A fatia que ela ocupa no mercado mundial está próxima a 3%.

### **2.3.5 Cuidados iniciais na implementação**

Para garantir que esta tecnologia realmente seja utilizada, os provedores devem ter uma estrutura que comporte a transmissão de voz, dados, principalmente vídeos sobre demanda e televisão. Se a estrutura não for capaz de suportar todos estes aspectos certamente causará a insatisfação dos usuários que tentarem utilizar essa nova tecnologia.

Toda nova tecnologia que surge, ao ser implantada, tem um risco agregado. O sucesso depende de como será apresentada e da expectativa criada no usuário. No IPTV não será diferente, como já existem serviços de TV a cabo, TV aberta, TV via satélite que todos confiam, para o sucesso do IPTV deverão ser adotadas medidas de qualidade de serviço (QoS) que garantam que as expectativas dos usuários sejam alcançadas.

Quanto maiores forem as garantias de qualidade de serviço menores serão os riscos dos usuários não gostarem do serviço prestado. Estas garantias podem ser:

- Qualidade de serviço
- Diminuição nos erros de imagem e som
- Garantias de alta disponibilidade (tolerância a falhas)
- Fácil manuseio

### **2.3.6 Vídeos pela Internet e IPTV**

Uma breve busca pela internet pode conduzir-nos a entender de forma errônea o conceito de IPTV com vídeos pela internet. Quando vemos um vídeo por algum site, estamos usando a Internet como o meio de entrega e visualização. Nesse tipo de estrutura é muito difícil garantir a qualidade de recepção das imagens que são enviadas. A característica destacável da IPTV é o fato de transmitir o sinal de televisão baseada no protocolo IP, assim os provedores de serviços podem usar suas estruturas para

ofertá-lo sem necessitar de grandes modificações. IPTV não é transmissão de televisão sobre Internet, mas sim transmissão sobre IP. [Moreira, 2007]

A mobilidade do sistema IPTV é um grande diferencial quando comparado aos outros serviços de transmissão de imagem. Não há necessidade de um computador para receber o sinal sobre IP, e nem TV para ter qualidade HD (Hight Definition).

Como o IPTV é baseado no protocolo IP pode ser transmitido em uma rede fechada e torna-se possível a transmissão de imagens de altas ou baixas definições, em detrimento as imagens enviadas pela Internet que em sua maioria está destinado à transmissão de imagens com baixa qualidade.

Uma forma fácil de identificar se a transmissão é IPTV é verificar se o sinal trafega em uma rede IP e há possibilidade das imagens serem em HD (High Definition – Alta Definição).

### **2.3.7 Formatos de compressão de imagem**

A viabilidade da transmissão de televisão por redes IP está diretamente associada a serviços de compressão de imagem. Os vídeos gerados com esta finalidade têm que passar por um processo extremo de compactação e depois de compactados devem ser encapsulados para o protocolo IP.

Os vários formatos de compressão variam em quanto eles podem reduzir a ocupação da largura de banda. [Joseph, 2006].

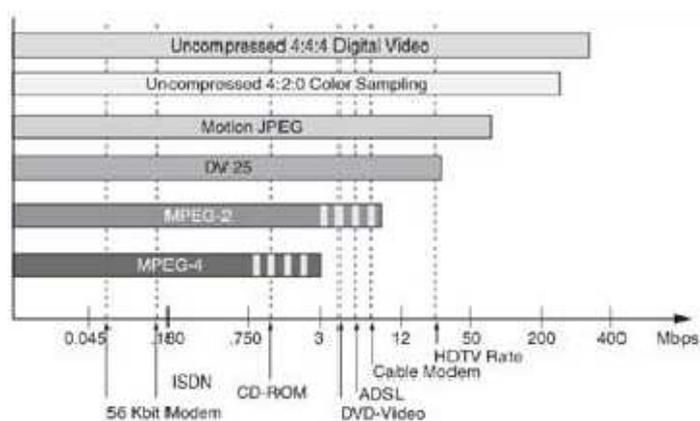
No serviço IPTV, o sinal de vídeo deve ser compactado para sua transmissão, sendo esse, também, um elemento de escolha no projeto dessa arquitetura a ser implementado. Portanto, no projeto de uma arquitetura de rede IPTV, há várias opções de implementação, desde a distribuição até a entrega do vídeo ao usuário. [Duque, 2007]

Mesmo os vídeos estando compactados, as taxas de ocupação da banda de transmissão são muito elevadas, e para garantir a qualidade do serviço é necessário ter uma grande largura de banda. Tudo isso afeta diretamente a disponibilidade da rede e devem ser estudados antes de serem implementados.

As tecnologias de compactação mais usadas são MPEG-2, H.264, MPEG-4, HD, VC-1, WMV (Windows Media Vídeo 9). Os algoritmos de compressão mais usados são o MPEG-2 e o MPEG-4.

Do ponto de vista de Joseph “MPEG-4 AVC, Windows Media/VC-1, RealVideo 10 são formatos que incluem ferramentas mais sofisticadas do que o MPEG-2; por isso alcançam uma compressão muito maior sem a perda da qualidade da imagem. Elas estão apenas começando a ser usadas no mercado comercial.” [Joseph, 2006]

A Figura 2.7 mostra a relação entre a transmissão e a compactação de imagens em razão da largura de banda ocupada para imagens sem compactação e imagens compactadas em vários formatos.



**Figura 2.7 - Taxa de ocupação da banda de transmissão [IPTV Crash Course, 2006]**

A banda ocupada será diretamente proporcional ao tipo de compressão que será usada na transmissão. Um vídeo compactado com MPEG-2 ocupa algo em torno de 2 até 8 Mbit/s por canal, já a compactação por H.264 consegue reduzir a ocupação; esta passa a ocupar 2 Mbit/s por canal de TV. O VC-1 é um sistema proprietário da

Microsoft e ocupa 1.5 Mbit/s. Os sinais em alta definição (HD) mesmo usando H.264 ocupam de 8 a 12 Mbit/s e os que usam MPEG-2 ocupam 15 Mbit/s.

Segundo Joseph o MPEG2 “em virtude da compressão pode ser reduzido de mais de 200 Mbps para algo em torno de 2 a 8 Mbps” [Joseph, 2006].

O formato utilizado nesse trabalho será o H.264. Essa escolha leva em consideração a largura de banda disponível e a necessária. Esse modelo pode ocupar até três vezes menos a banda na transmissão. Os arquivos e vídeos utilizados terão origem de DVD, porque ele tem uma ótima qualidade de imagem e áudio.

### **2.3.7.1 Ocupação de banda em relação à compressão**

No caso do IPTV no formato de broadcast de TV cada canal ocupa uma largura de banda de transmissão fixa, independente da quantidade de pessoas que estiverem recebendo as imagens desse canal. Na recepção, cada acesso via TV precisará de banda de acordo com a taxa de compressão que estiver sendo utilizada. [Moreira, 2007]

Um exemplo de ocupação da banda com transmissão IPTV é o envio de dez canais do mesmo serviço por uma rede tendo estes vídeos enviados apenas uma vez. Por ser um tráfego de IPTV a banda ocupada independe do número de usuários que irá receber esta transmissão. Os canais serão comprimidos com H.264 assim exigindo 2 Mbit/s para cada. Multiplicando a quantidade de canais pela banda ocupada concluímos que o total utilizado será 20 Mbit/s. Desta forma a transmissão não afeta drasticamente a central, se tivermos 500 usuários assistindo a programação os mesmos 20 Mbit/s serão utilizados.

### **2.3.8 Recurso de RSTP para transmissões**

Na medida em que as informações são enviadas para os assinantes é necessário agregar algumas funcionalidades para trazer mais conforto a transmissão. Para isso é usado o RSTP (Real Time Streaming Protocol).

O RSTP fornece a capacidade de dar play, stopping, pausar, acelerar, voltar a transmissão que está sendo vista. Ele trabalha de forma muito parecida ao vídeo cassete. Normalmente esse recurso é mais usado em transmissões de VoD.

Este protocolo é compatível tanto com transmissões de VoD com o LiveTV (Transmissão do conteúdo da televisão aberta ou a cabo, em tempo real; novelas, jogos de futebol, seriados, telejornais são exemplos de LiveTV).

### **2.3.9 Arquitetura de redes para transmissão de sinais IPTV**

São várias as arquiteturas que compõem a transmissão de IPTV. Podem ocorrer variações nessas arquiteturas. Todas essas estruturas podem ser mais detalhadas e se subdividir em várias subestruturas conforme a necessidade de transmissão de cada prestador de serviços, porém os pontos mais importantes são:

Headend – É o local onde os conteúdos estão armazenados; é também o local onde os vídeos são preparados, compactados, formatados para serem enviados para a Rede. Aqui neste ponto será determinando o tipo de compactação que será usada nos vídeos. “Podendo ser centralizado ou distribuído. Serviços interativos como IPTV e o VoD são providos a partir de servidores de conteúdo em formato MPEG que enviam uma cópia ao usuário, quando requisitado.” [Duque, 2007]

As informações podem ser armazenadas de forma centralizada em um Data Center, ou seja, todos os vídeos estarão armazenados no mesmo local. Outra forma é o armazenamento distribuído onde existem várias localidades armazenando os conteúdos de transmissão. Parte deste conteúdo pode chegar através de redes metálicas, fibras ou por satélites.

Core Network – “Transporta todo o conteúdo do sistema (que são, vídeo, música, canais e dados). O core da rede é o “backbone” para o sistema broadcast de IPTV” [Joseph, 2006]. Este ponto também é conhecido como Core IP e pode ser

considerado o coração de todo o sistema de IPTV. É o responsável pelo transporte dos dados, do vídeo e voz que são transmitidos para os usuários. Neste ponto existe a presença dos roteadores, switches, backbones, etc.

Neste trabalho serão usados switches/roteadores tanto nas estruturas de core como de entrega. Estes equipamentos agregam todos os recursos necessários para comporem uma estrutura de rede MEN.

Access Network (Rede de Acesso) – “representando a ligação entre o fornecedor de serviço (operadora de Telecom) e a casa do usuário, ou seja, "a última milha". A conexão do usuário pode ser realizada por meio de uma variedade de tecnologias de rede de acesso.” [Duque, 2007].

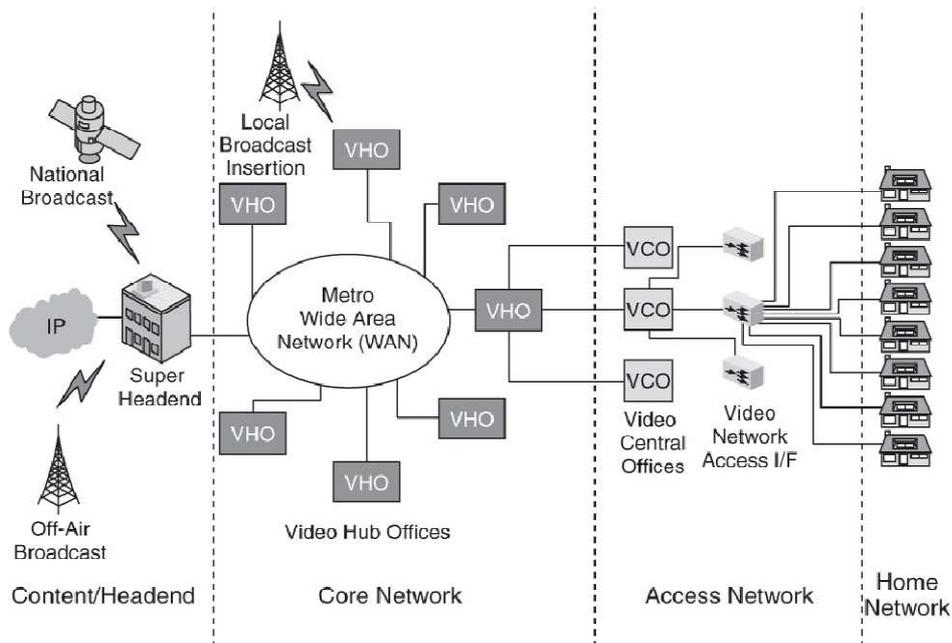
Entre as estruturas que estão sendo utilizadas temos: DSL (linha digital de assinante) ou fibras óticas com velocidades superiores às do DSL.

O Digital Subscriber Access Multiplexer (DSLAM) conecta os usuários através do par telefônico, e sua saída pode ser ATM ou Ethernet, a depender da tecnologia utilizada. O DSLAM ainda concentra os usuários e possui conectividade com o Broadband Remote Access (BRAS). [Duque, 2007].

Home Network (casa) – Onde realmente o serviço é entregue (na casa). Neste ponto ocorre a distribuição de todas as informações (vídeo, voz, dados). As informações são entregues nos equipamentos IP (STP).

Aqui também ocorre a conversão da transmissão de LiveTV ou VoD que veio codificada e em pacotes, para o formato suportado pelos aparelhos de Televisão. O equipamento que realiza esse trabalho é o Sep-Top-Box.

Na Figura 2.8 identificamos toda a estrutura de transmissão de IPTV, saindo do Headend passando pelo Core Network até chegar ao usuário final no seu Home Network.



**Figura 2.8 - Estrutura de transmissão de IPTV [IPTV Crash Course, 2007]**

Essa estrutura mostra a distribuição do sinal de TV até a residência através de cabos. A distribuição interna do sinal também poderia ser através de uma rede Wi-Fi como veremos a seguir.

### **2.3.10. WLAN para distribuir IPTV**

A transmissão Wi-Fi se tornou artefato importante para consumidores e fornecedores. Mas não tem vivido uma expansão expressiva em relação à distribuição de vídeos em tempo real. Os provedores de banda larga que distribuem stream IPTV utilizam radio frequências não licenciadas para sinais multimídia para IPs habilitados. Envio de streams IPTV pelo ambiente usando a nova “Wi-Fi inteligente” tipicamente envolve tecnologia de antena inteligente que determina o melhor caminho de transmissão pelo ar, priorizando e gerenciando o sinal multimídia. Isso permite, mesmo que em ambientes de grandes modificações, que o sinal seja visualizado com a mais alta qualidade possível. [IPTV Articles, 2008]

Este trabalho mostrará a capacidade de utilização do serviço IPTV em rede Wi-Fi. Ela não modifica o protocolo IP da rede cabeada, por tanto, o seu funcionamento se assemelha observadas as particularidades da rede.

## ***2.4 QUALIDADE DE SERVIÇO - QoS***

Os técnicos e engenheiros de rede devem usar valores (objetivos) numéricos para avaliarem as condições do tráfego em uma rede. Para que as informações trafeguem conforme as determinações dos engenheiros devem ser usado padrões de QoS. Quando analisamos o QoS devemos observar certos parâmetros como largura de banda requerida, atraso no envio dos pacotes, jitter e a perda dos pacotes. [Moreira, 2007]

Esses parâmetros medidos são informações objetivas (valores numéricos). Já os valores de QoE (Quality of Experience) são subjetivos. Conforme pensamento de Wagner L. Zucchi “sem dúvida, a possibilidade de transmissão de informação com QoS sobre redes de comutação de pacotes é uma das razões da popularidade do serviço Metro-Ethernet, já que mensagens originadas e destinadas a esse tipo de acesso podem

ser transmitidas sobre a Internet com um mínimo de mudanças de formato.” [RTI, dez 2006].

As ferramentas de QoS (Quality of Service) são usadas para priorizar o uso da largura de banda em um roteador. O tráfego é classificado quando chega a um roteador e processado através de fundamentos previamente programados. [Foundry, 2007]

Entre as ferramentas existentes usadas para realizar essa priorização estão WRR (Weighted Round-Robin), SP (Strict Priority) e Hybrid WRR + SR que pode ser usado para a priorização de vídeo, com garantia para dados. Esses recursos trabalham com fila de priorização.

O WRR garante que todas as filas serão processadas durante ciclos. Para cada processo é atribuído um peso que é usado para alterar no serviço garantindo que todos consigam enviar e receber suas requisições. [Foundry, 2007]

O SP garante ao serviço uma alta prioridade no tráfego. O software determina peso máximo para essas filas de pacotes. [Foundry, 2007]

Hybrid WRR + SR usa a combinação das duas características, assim pode-se dar alta prioridade a um determinado tráfego como o IPTV e garantir que os restantes sejam entregues, porém, com uma prioridade inferior.

Na Tabela 5 observamos os valores de ocupação da banda em relação à prioridade. Para os valores Qosp7 e Qos6 será usado Strict Priority para priorização dos pacotes. Para os valores de zero a cinco será usado WRR.

**Tabela 5 - Largura de Banda combinada com SP e WRR com mecanismos de fila**

Fila	Largura de Banda Padrão
Qosp7	Strict priority (Alta prioridade)
Qosp6	Strict priority
Qosp5	25%
Qosp4	15%
Qosp3	15%
Qosp2	15%
Qosp1	15%
Qosp0	15% (Baixa Prioridade)

Fonte: Moreira, 2007

Neste trabalho, para o QoS serão utilizados o Hybrid WRR + SR com os pacotes que IPTV saindo com prioridade 7 e os outros dados com prioridade 3. O protocolo de roteamento usado neste projeto para comunicação nível 3 entre os equipamentos será o OSPF, a utilização deste protocolo justifica-se por ser amplamente usado pelos provedores de serviço.

No capítulo seguinte será abordado entre outras coisas os parâmetros de QoS Roteamento OSPF, segmentação por WLAN.

## **CAPÍTULO 3 – Estrutura para implementação do projeto de transmissão do sinal IPTV em rede WLAN**

De acordo com os estudos apresentados no segundo capítulo sobre a IPTV e a WLAN, este projeto usufruirá dos mesmos conceitos em uma estrutura laboratorial, que possibilitará o tráfego de TV encapsulado no protocolo IP utilizando uma rede WLAN.

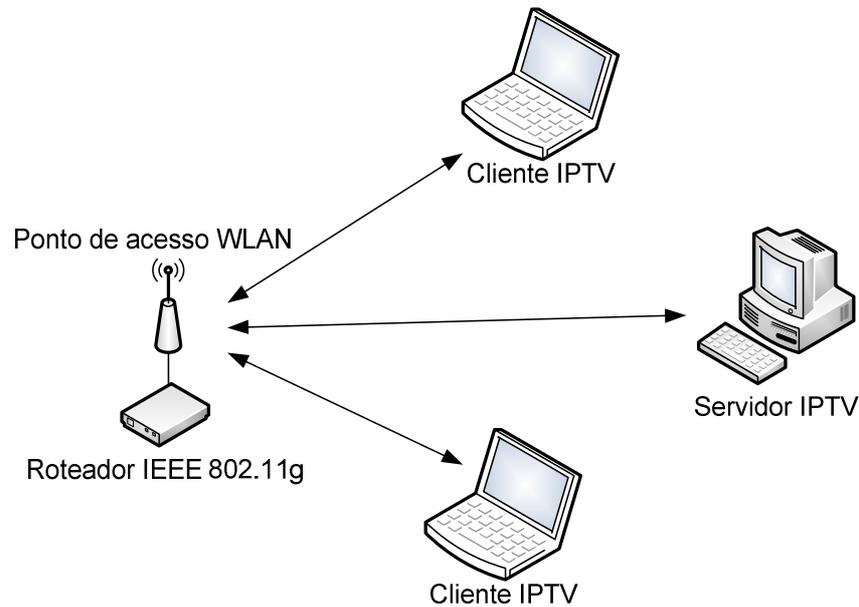
O conceito do projeto está orientado a uma transmissão de televisão baseada em IP por meio de um roteador wireless, que será a parte central da rede, chegando ao usuário final, que será um microcomputador com conexão sem fio.

Observe que, em uma aplicação real, o usuário final receberia essa transmissão de TV em seu aparelho de TV ligado à rede. Este projeto considera o computador no usuário final, pois não está disponível um STB Wireless necessário para a conexão da TV à rede. Ainda assim, as funcionalidades do STB serão agregadas ao computador que fará a vez do usuário final.

O Projeto está estruturado da seguinte forma:

- i. Estudo e levantamento de requisitos para a transmissão do sinal de TV com uso do protocolo IP. Estes requisitos foram apresentados no capítulo 2;
- ii. Definição da estrutura para a rede WLAN a ser utilizada na implementação;
- iii. Inserção e transmissão do sinal simulado de IPTV na WLAN criada;
- iv. Análise dos dados coletados.

### 3.1 Topologia aplicada no projeto



**Figura 3.1 - Topologia do laboratório de WLAN**

A Figura 3.1 representa a estrutura montada para a transmissão de IPTV em uma rede WLAN. Observando essa figura, podemos destacar dois segmentos: a rede WLAN e a transmissão IPTV. Para a rede WLAN podemos observar que há apenas um roteador com seu Access Point, permitindo que o sinal IPTV percorra sua trajetória da origem ao destino. O sinal IPTV que sai do computador servidor é gerado através do software VLC Media Player 0.8.6.

Durante o processo de transmissão será buscado a maior qualidade de imagem suportada, por isso as imagens processadas pelo servidor terão como origem mídias de DVD originais.

Todas essas estruturas serão detalhadamente descritas nos próximos tópicos deste capítulo.

## ***3.2 Recursos utilizados para implementação***

Será criado um ambiente que possibilite a transmissão do sinal IPTV na rede WLAN. Para a constituição desse foram reunidos hardwares e softwares essenciais, que serão especificados nos subníveis deste tópico.

### **3.2.1 Especificações dos equipamentos usados**

Os hardwares utilizados neste projetos foram: um roteador wireless, um computador desktop e dois laptops.

#### **3.2.1.1 Roteador D-Link DI-624**

As características do roteador utilizado implementação do projeto são:

- Taxa de transmissão até 108Mbps com os produtos AirPlus Xtreme G<sup>tm</sup>
- Compartilha a conexão com a internet com um switch de 4 portas incorporado
- Firewall e segurança avançados
- Maior segurança de rede com criptografia WEP de 128 bits
- Totalmente compatível com os padrões 802.11b e 802.11g
- Suporta multi-sessões com VPN passthrough
- Capacidade de logging avançada
- Conecta até 328 pés (100 metros) em ambientes fechados (Indoor)/1312
- pés (400 metros) em ambientes abertos (Outdoor)
- Assistente de configuração (setup wizard) para instalação rápida

Obs.: Os fatores ambientais podem afetar a cobertura negativamente.

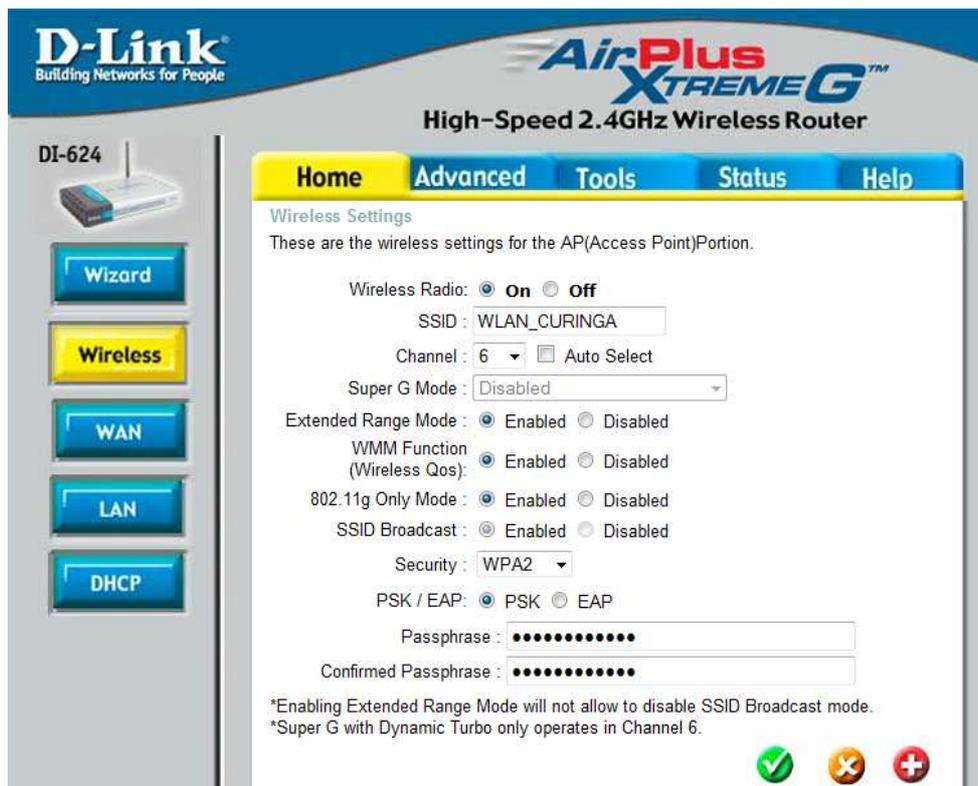


Figura 3.2 - Tela de configuração do roteador D-Link DI-624

A Figura 3.2 apresenta a tela de configuração do roteador D-Link modelo DI-624. No campo do formulário SSID (Service Set Identifier) foi definido o nome da rede WLAN onde os computadores serão conectados para a transmissão. As opções de Super G Mode e WMM Function (Wi-Fi Multimedia) não podem ser habilitadas simultaneamente. Como o objetivo em questão é transmitir áudio e vídeo pela rede, então, o roteador terá a opção de WMM operando, e a outra será desabilitada. A opção de Channel se refere a frequência de operação da rede. Para que aparelhos como microondas e telefones sem fio não interfiram na rede, sugestão dada pela IEEE, configure a rede para funcionar nos canais 1, 6 ou 11, levando em consideração o Brasil. As opções de segurança configuradas é apenas para limitar que outro dispositivo conecte a rede e interfira no desempenho da mesma, pois a segurança da transmissão do sinal não é o foco.

Um observação sobre o roteador utilizado neste projeto é que ele foi descontinuado pela fabricante. Eles deixaram de fornecer suporte para o produto, e lançaram o WBR-2310 para aumentar o raio da rede.

### **3.2.1.2 Computador desktop**

A descrição do desktop utilizado no projeto é:

- AMD Sempron™ Processador 2500+ 1.41GHz
- 512 MB de memória RAM
- Microsoft Windows XP Professional Service Pack 3
- D-Link Wireless 108G PCI Adapter
- Endereço IP 192.168.0.10

### **3.2.1.3 Laptops**

Serão utilizados dois laptops no projeto, como na topologia. A descrição de cada um é:

Laptop 1

- HP Pavillon dv2700
- Intel® Core™ 2 Duo CPU T5750 @ 2.00GHz 2.00GHz
- 2.0 GB de memória RAM
- Adaptador de rede Intel® Wireless WiFi Link 4965AGN
- Windows Vista™ Business Service Pack 1
- Endereço IP 192.168.0.11

Laptop 2

- HP Pavillon dv6232
- AMD Turin 64 MK-36 2.0 GHz Cache L2 de 512KB
- 1.0 GB de memória RAM SDRAM DDR2
- Adaptador de rede

- Windows Vista™ Home Basic
- Endereço IP 192.168.0.12

### **3.2.2 Especificação dos softwares utilizados**

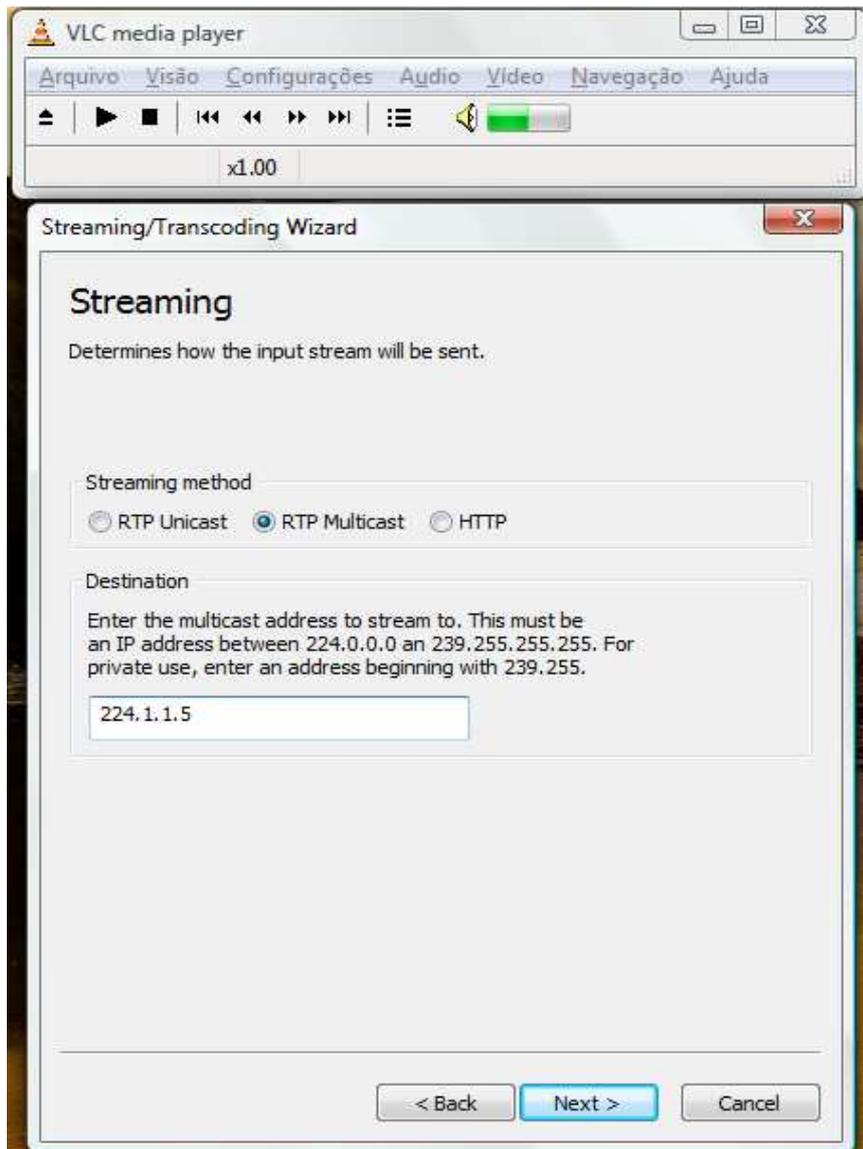
A transmissão do sinal IPTV na rede WLAN configurada requer um software capaz de disponibilizar os pacotes de áudio e vídeo para os destinatários definidos na origem. Como referenciado no capítulo 2, esse software deve atender a necessidade de transmissão tanto em unicast quanto em multicast. A seguir as especificações dos softwares.

#### **3.2.2.1 VLC 0.8.6i**

Para a implementação do projeto foi utilizado o software VLC 0.8.6i. Este tem sua distribuição livre, bastando acessar a internet para realizar o download. Suas funcionalidades são de exibição de vídeos, transmissão em rede e captura de vídeo na rede.

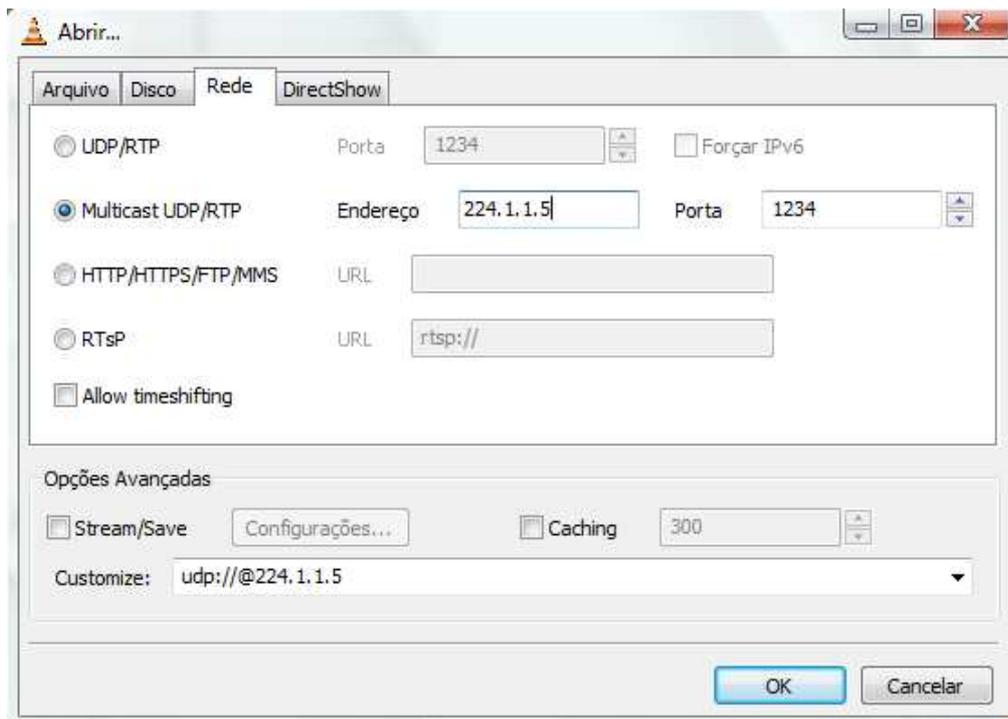
Para apresentação de vídeo, semelhante ao windows media player e winamp, basta abrir o software e selecionar o arquivo, que pode estar no computador, ou ser um DVD.

Quando o objetivo for transmitir pela rede, necessita-se selecionar o arquivo como se fosse exibi-lo na tela, contudo, nos passos seguintes, a forma de disponibilização pode ser escolhida como na Figura 3.3. As opções de transmissão são: Unicast, Multicast e HTTP. Como informado no capítulo 2, o stream será enviado utilizando a distribuição em multicast. Nesse formato, é solicitado um endereço, ao qual as outras máquinas se conectarão para capturar os pacotes disponibilizados. Outro item que deve ser definido é o formato de encapsulamento como MPEG Transport Stream - MPEG-TS, por ser a única opção disponível para essa modalidade no software.



**Figura 3.3 - Configuração do VLC 0.8.6i para transmissão multicast**

O VLC 0.8.6i permitindo a captura do vídeo pela rede solicita o endereço multicast para o qual os pacotes são enviados. No caso da Figura 3.4, que apresenta a tela de configuração do software para conectar a rede, temos as opções de como o sinal é enviado. Para este projeto, que utiliza a transmissão em multicast, selecionamos a opção referente, e informamos o endereço, assim como a porta, esta última tem se mantido a padrão. Com estas informações, confirmando a escolha, consequentemente, o vídeo passa a ser exibido na tela do requerente, ou cliente.



**Figura 3.4 - Configuração para captura do sinal IPTV no endereço multicast definido**

Com essa característica e de acordo com a necessidade do computador onde o VLC 0.8.6i está instalado, ele atuará de maneira distinta, e complementando-se para a transmissão pela WLAN do sinal IPTV.

#### **3.2.2.2 Wireshark 1.0.4**

O Wireshark é um software de captura de pacotes na rede. Sua distribuição é gratuita, necessitando apenas acessar o site do programa para realizar o download. A instalação dele é intuitiva, assim facilitando o operação dos usuários independente do grau de conhecimento que tenha. A Figura 3.5 mostra a tela de instalação inicial do Wireshark



**Figura 3.5 - Instalação do Wireshark 1.0.4**

A função do Wireshark 1.0.4 no projeto será de sniffer, ou seja, capturar os dados transmitidos, e de posse destas informações analisar o comportamento do tráfego na rede. As análises serão como mencionado no capítulo 2.

### ***3.3 Medidas de desempenho***

A transmissão de stream par a aplicação desejada neste trabalho requer uma qualidade, pois assim, o usuário final conseguirá entender o que lhe é transmitido. Para verificar se o sinal inicial chega ao seu destino com o padrão aceitável de atraso ou perda, ou utilizadas as verificações da latência, jitter, vazão e atraso na propagação (tempo de resposta), como informado no capítulo 2.

#### **3.3.1 Tempo de resposta**

O tempo total da transmissão da mensagem entre dois pontos é definido como tempo de resposta. Inclui-se neste cálculo o tempo de negociação entre o cliente e o servidor, o tempo de efetiva transferência dos dados e o tempo de desconexão.

### 3.3.2 Latência

“A latência, corresponde ao tempo gasto para uma mensagem atravessar de uma ponta de uma rede até a outra. A latência é medida estritamente em termos de tempo.”

[Davie; Peterson, 2003]

Naturalmente o pensamento da composição da latência está como três componentes: o retardo da propagação na velocidade da luz, a quantidade de tempo gasto para transmitir uma unidade de dados e os atrasos de fila dentro da rede, possíveis porque os switches de pacotes normalmente precisam armazenar os pacotes algum tempo antes de encaminhá-los em um enlace de saída. [Davie; Peterson, 2003]

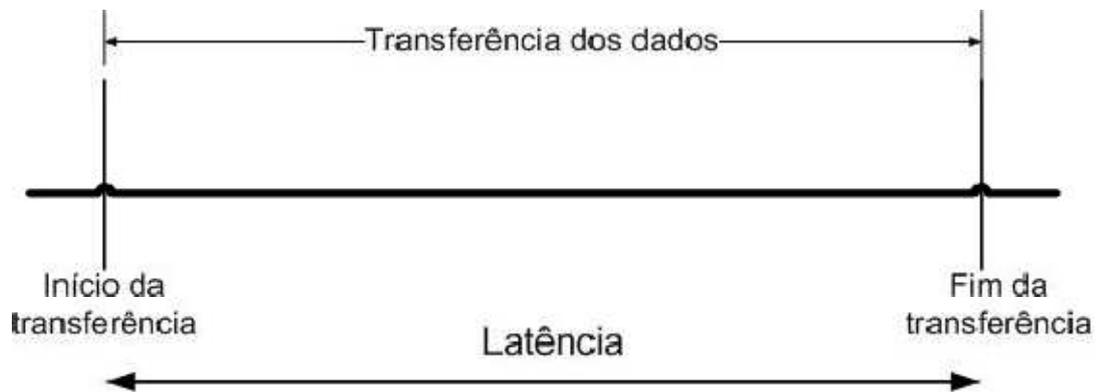


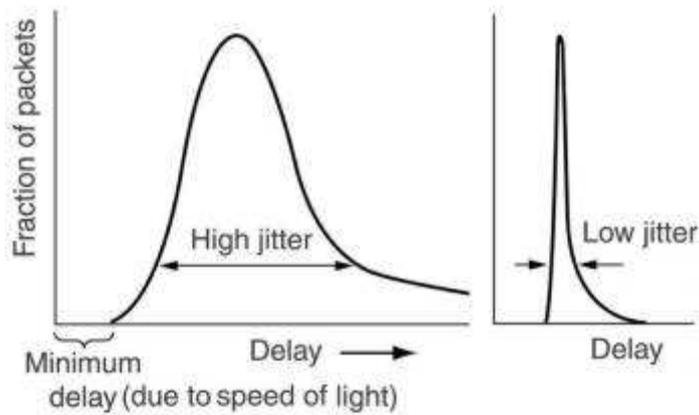
Figura 3.6 - Representação gráfica da Medição da Latência [Amador, 2008]

A Figura 3.6 mostra graficamente como é medida a latência. Analogamente, a latência medida no projeto se exibirá pelo tempo gasto para transferência de envio no servidor até a recepção dos pacotes no cliente.

### 3.3.2 Jitter (Flutuação)

O jitter (flutuação) é definido pela variação nos tempos de chegada de pacotes. Nas aplicações onde há transmissão de áudio e vídeo, o importante não é se cada pacote leva 20 ms ou 30 ms para serem entregues, mas sim se o tempo é constante. Por exemplo, uma flutuação elevada, na qual alguns pacotes demoram 20 ms e outros demoram 30 ms para chegar, resultará em uma qualidade irregular do som ou do filme.

A flutuação está ilustrada na figura 3.7. [Tanenbaum, 2003]



**Figura 3.7 - Gráficos de alta e baixa flutuação dos tempos de chegada de pacotes [Tanenbaum, 2003]**

### **3.3.3 Throughput (Vazão)**

Usa-se a palavra “throughput” para referencia ao desempenho medido de um sistema. Devido as diversas ineficiências da implementação, um par de nós conectados por um enlace com uma largura de banda de 10 Mbps poderia atingir um throughput de apenas 2 Mbps. Mas isso significaria que uma aplicação em um host poderia enviar dados para o outro host a 2 Mbps. [Tanenbaum, 2003]

Assim, a taxa de pacotes (bits ou bytes) que podem ser transmitidos na rede em um dado período de tempo. É inversamente proporcional a latência. [Amador, 2008]

### **3.4 Função de cada recurso na topologia do projeto**

Toda a conexão na rede entre o computador e os laptops ocorre por meio da rede sem fio, desconsiderando os cabos para conectar ao roteador. Desta forma, tanto os clientes quanto o servidor utilizarão a WLAN para transmissão do sinal.

Neste cenário, também apresentado na Figura 3.9 da topologia do projeto, a máquina desktop exercerá a função de servidor, conseqüentemente, os laptops serão os clientes. Em todos serão instalados e configurados os softwares descritos no tópico 3.2.2 deste capítulo.

A cronologia d instalação e configuração realizada foi: implementação da estrutura arquitetural do projeto, com os computadores pertencendo à mesma rede, posteriormente foram instalados, respectivamente, o VLC 0.8.6i e Wireshark 1.0.4 em cada computador.

Um dos objetivos do laboratório foi aproximar tanto os equipamentos como as suas programações do que seria usado em ambientes de produção.

A distância entre os equipamentos montados no laboratório não passa de alguns metros, porém nada impede que os equipamentos estivessem separados por uma raio de alcance maior (neste caso os repetidores passam a ser necessários). Eles ficaram próximos apenas pela facilidade.

### ***3.5 Avaliação da estrutura aplicada para o projeto***

O objetivo deste trabalho é demonstrar a viabilidade da transmissão de IPTV por intermédio de uma rede WLAN. Para isso simulou-se um núcleo gerador de sinal que deu início a transmissão de áudio e vídeo.

Uma das características do gerador de sinal está no armazenamento e preparação dos vídeos que serão distribuídos. O computador que realizava esse papel é conectado a rede pela mesma conexão sem fio. Este sendo o único microcomputador na estrutura construída.

Tendo o gerador de sinal iniciado a transmissão, o sinal distribuído chegará aos destinatários sem que haja a necessidade destes saberem qual o formato inicial do vídeo, restando somente interpretar o que lhe é recebido. Cabendo somente ao software no cliente receber, processar e exibir o conteúdo.

# VideoLAN Streaming Solution

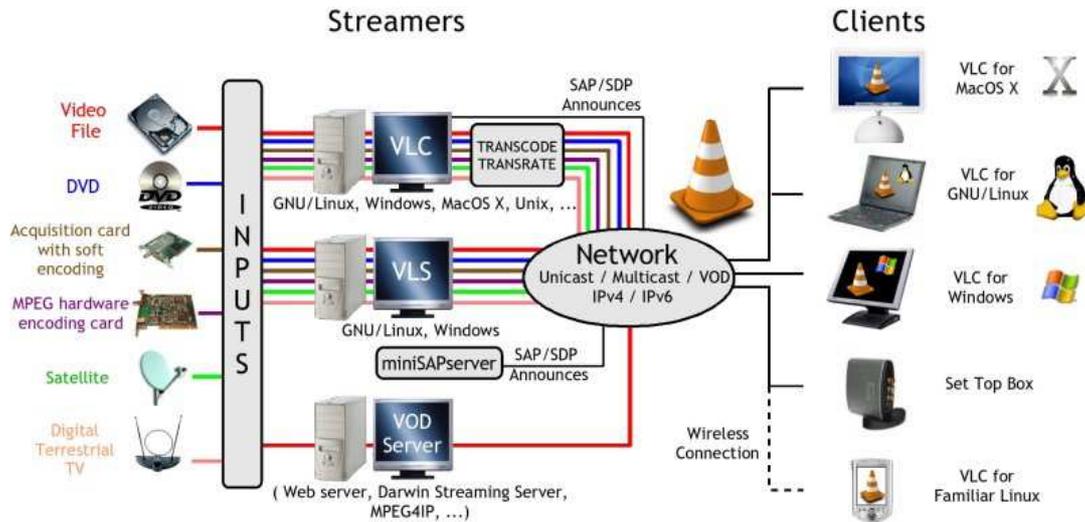


Figura 3.8 – Diagrama de opções de entrada, tipos de distribuição e equipamentos de recepção

[VideoLAN, 2007]

A figura 3.8 apresenta o diagrama com as entradas e saídas de vídeos oferecidas pelo VLC. Na entrada podemos ter sinais: arquivo armazenado em disco, mídia de DVD, ou semelhante com qualidade igual ou superior, conexões com dispositivos externos com geração de sinal de vídeo, e mesmo antenas de captura do sinal digital.

A figura 3.8 apresenta três máquinas que trabalham como servidores de aplicação. A primeira, de cima para baixo, é responsável pela conversão do arquivo, encarregando-se em colocar na encapsulamento padrão da rede; a segunda, trabalha como mini servidor SAP (Session Announcement Protocol). Ele usa-se multicast para apresentar eficientemente as streams na rede WLAN; e a última máquina se responsabiliza em disponibilizar o vídeo. Ainda que o diagrama apresente esta estrutura, o projeto terá apenas um computador desempenhando as três atividades, simultaneamente.

Tendo os softwares e hardwares configurados como mencionado acima, a arquitetura laboratorial para os testes de viabilidade está pronta. Na fase seguinte, que será descrita no capítulo 4 deste documento, a transmissão, testes e coleta dos dados ocorrerão para análise dos mesmo no capítulo 5.

## **CAPÍTULO 4 – Transmissão do sinal de IPTV na rede**

### **WLAN**

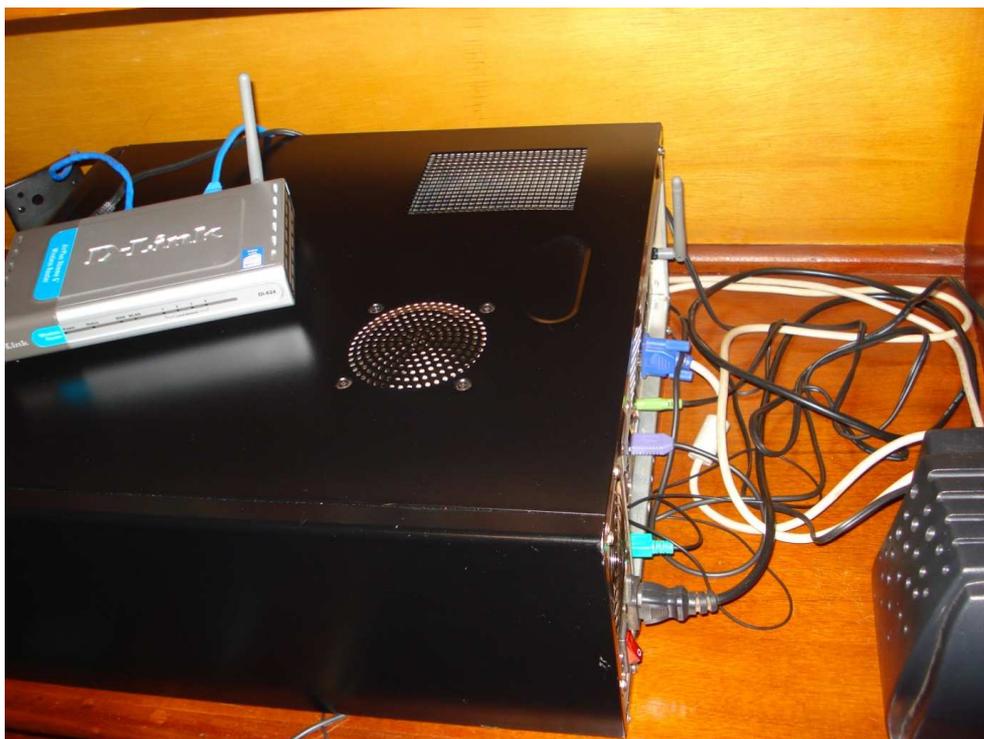
Neste capítulo serão tratados aspectos da transmissão, como ocorreu e seu comportamento. Como descrito nos capítulos anteriores, toda a transmissão ocorrerá utilizando rede sem fio WLAN e a transmissão de sinal IPTV.

A topologia aplicada sustentará inicialmente a transmissão somente entre o computador desktop e um laptop. Após os ajustes que se fizerem necessários ocorridos, e confirmada a transmissão, outro laptop será inserido na rede para que a rede seja exigida um pouco mais. Essa ação pode ocorrer de forma crescente, simulando a capacidade máxima da rede, contudo, o projeto se limitará a duas conexões.

Os dados da transmissão serão coletados enquanto a mesma ocorre. As máquinas descritas no capítulo 3 serão todas monitoradas para conhecimento do comportamento individual. Somente os dados relevantes para o projeto serão considerados.

A implementação do projeto seguiu os seguintes passos, respectivamente: montagem da arquitetura, instalação dos softwares VLC 0.8.6i e Wireshark 1.0.4 em todos os computadores, e configuração para transmissão e captura em cada computador de acordo com a funcionalidade definida para cada um. Os dados da transmissão foram coletados pelo Wireshark em todas as máquinas, tanto na desktop quando nos laptops.

Após as configurações realizadas como apresentados no capítulo 3, e confirmado no início deste capítulo, os dados são coletados para realização das análises do tempo de resposta, latência, jitter e throughput. O software responsável por obter as informações está no servidor da transmissão IPTV, ou seja, no microcomputador desktop. A seguir, serão apresentadas algumas planilhas com as informações do cenário, e conseqüentemente, as análises e resultados sobre estas.



**Figura 4.1 - Roteador e Servidor para implementação do projeto**

A Figura 4.1 apresenta a máquina desktop e o roteador utilizado no projeto como na topologia descrita inicialmente. O roteador tem uma taxa de transmissão de até 180 Mbps, assim como o computador da Figura 4.1. Os laptops tem alcance máximo de 54 Mbps. Sendo assim, a comunicação entre os laptops e o desktop se limitará a taxa de 54 Mbps, por limitação de hardware.

#### ***4.1 Procedimentos de transmissão***

O encaminhamento dos pacotes de stream pela rede adotados neste trabalho foram divididos em duas partes. A primeira trata do encapsulamento, ou compactação do áudio e vídeo selecionados com o objetivo de transmitir. A segunda parte trata da transmissão e recepção dos pacotes. Nos próximos tópicos deste capítulo serão detalhadas as fases do processo de acordo com o assunto.

##### **4.1.1 Seleção e compressão do stream**

O stream utilizado no projeto foi o filme do Homem de ferro em formato Audio Video Interleave (AVI) na língua inglesa e sem legenda. A transmissão poderia ocorrer

direto do DVD, contudo, a opção do arquivo único proporcionaria o mesmo efeito desejado e uma simplificação, pois não seria necessário procurar se o software de transmissão tem capacidade de realizar o tratamento de áudio e vídeo individualmente.

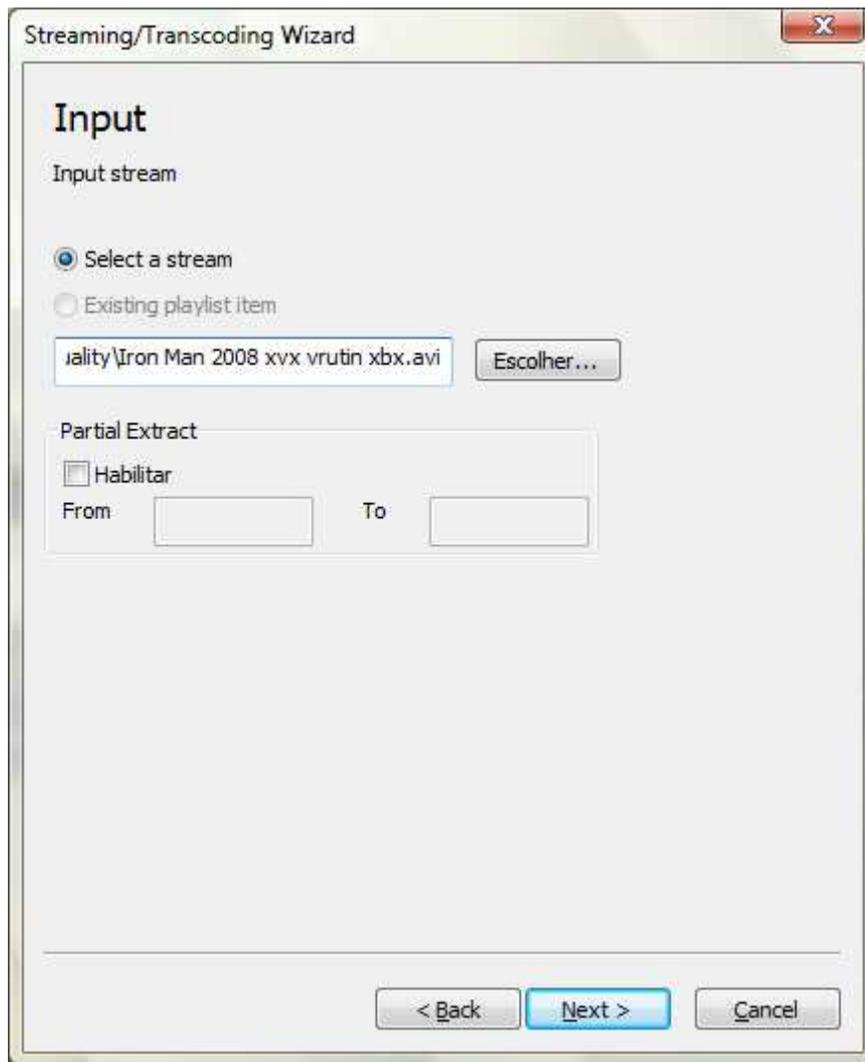
O formato AVI permite a compressão do áudio e vídeo em diversos formatos. Como dito no capítulo 2, esta compressão tem qualidade de DVD. O arquivo final tem tamanho de 664 MB.

Assim, a compressão do stream ocorreu em um processo externo do projeto. O resultado desta operação foi utilizado na transmissão.

#### **4.1.2 Transmissão e recepção do sinal IPTV utilizando a rede WLAN**

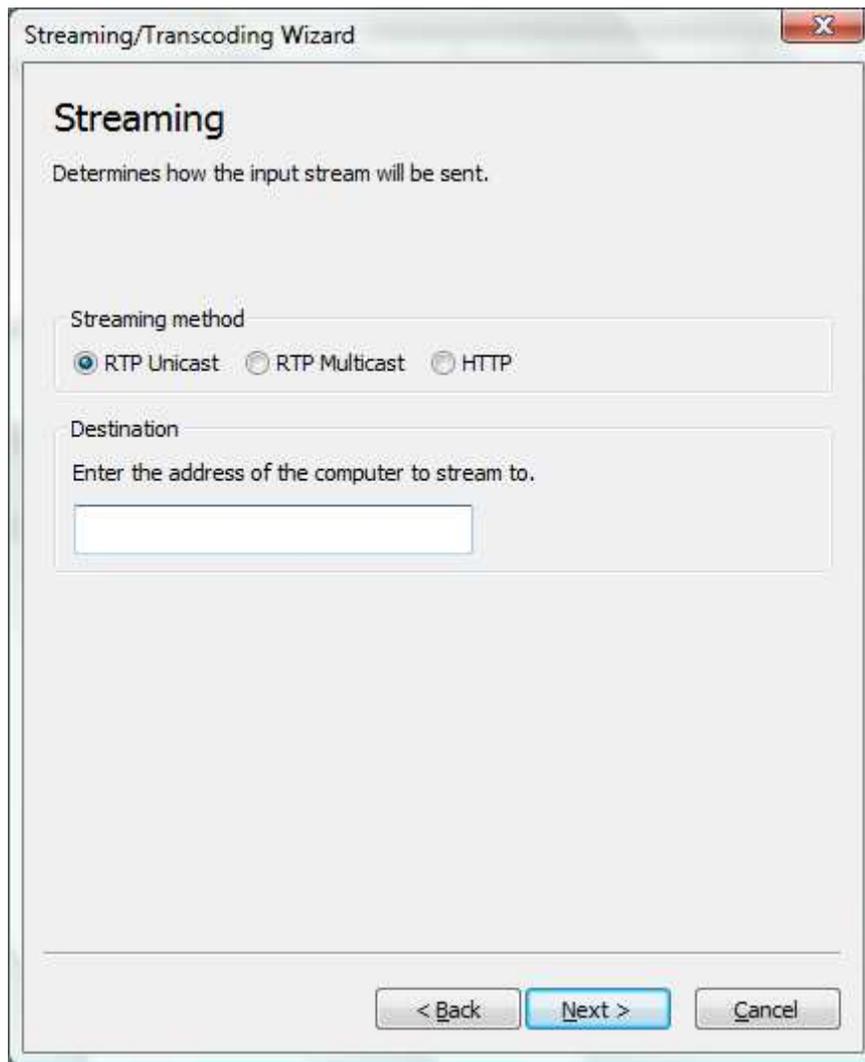
A transmissão do sinal de IPTV utilizando a rede WLAN ocorreu pelo software VLC, esse descrito no capítulo 3. Ele oferece operações para trabalhar localmente na máquina ou pela rede. A parte de funcionamento local será desconsiderada. Seu funcionamento na rede será detalhado a seguir.

O processo de transmissão do stream pela rede se faz em quatro etapas. A primeira é a seleção do stream a ser encaminhado como visto na Figura 4.19. Observe que há a possibilidade de selecionar um trecho do stream para transmissão com o campo Partial Extract.



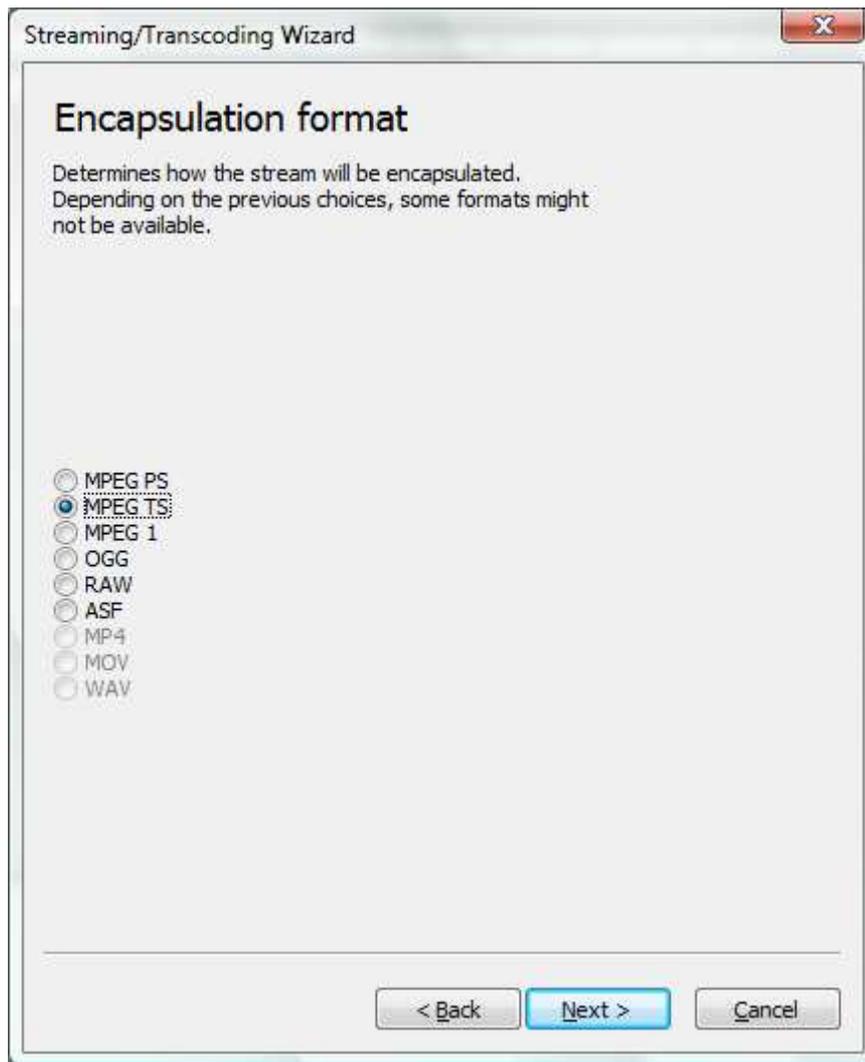
**Figura 4.2 - Seleção do stream a ser enviado pela rede no VLC**

Na segunda etapa o programa pergunta qual o método de envio será utilizado. As opções existentes são apresentadas na Figura 4.2: RTP Unicast, RTP Multicast e HTTP. Os três métodos serão especificados ainda neste capítulo.



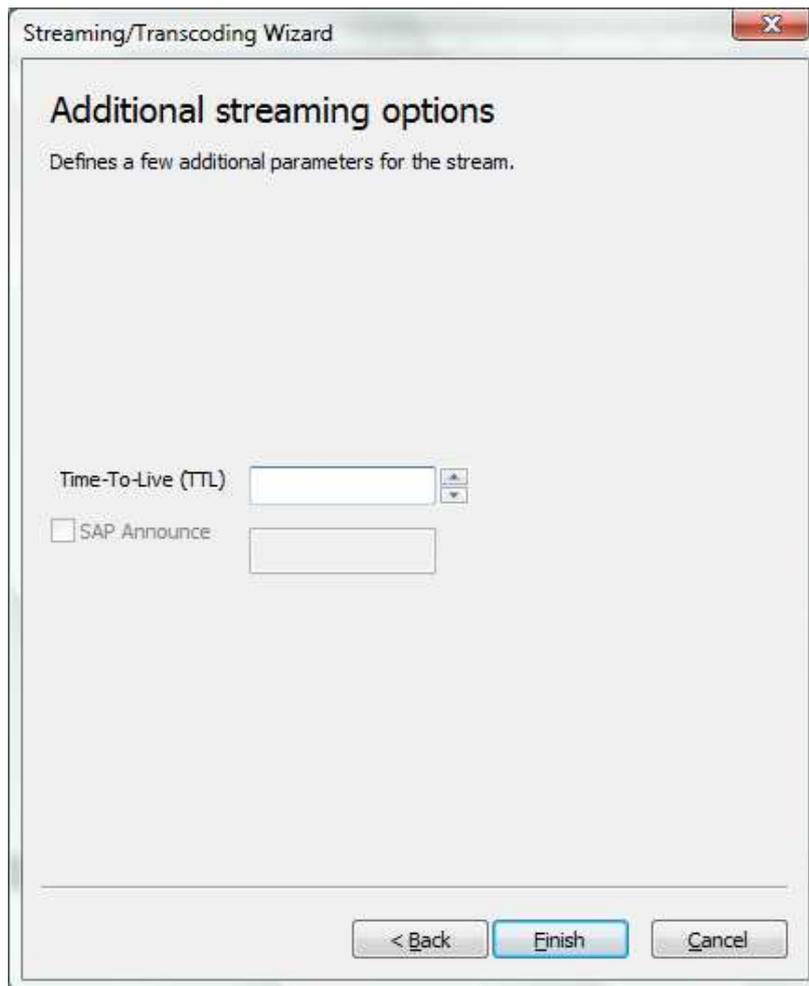
**Figura 4.3 - Seleção do método de envio no VLC**

Na terceira etapa se define o formato de encapsulamento do stream que irá pela rede. A diferença entre esse e o que é realizado no processo externo ao projeto é: o primeiro trabalha especificamente em rede, já o segundo busca a qualidade de exibição local. A Figura 4.3 exibe a lista das opções possíveis. São habilitados para seleção somente os formatos de encapsulamento compatíveis com o método de transporte do stream.



**Figura 4.4 - Formato de encapsulamento do stream pela rede no VLC**

Na quarta e última etapa é definido o tempo de vida do pacote na rede por meio do TTL. Essa opção é uma configuração existente no cabeçalho TCP/IP, e representa quantos saltos serão permitidos pelo pacote até que ele seja descartado. Em cada roteador que ele passa é decrescido um TTL, quando chega a zero seu ciclo de vida termina. Esse mecanismo é fundamental para não sobrecarregar as redes com pacotes desnecessários. A Figura 4.5 mostra o momento que se configura o TTL dos pacotes que serão transmitidos.



**Figura 4.5 - Time-To-Live do pacote na rede**

Conforme a configuração definitiva na segunda etapa série de outros fatores tornar-se-ão disponíveis, e outros serão desabilitados. A seguir, veremos o que ocorre em cada uma das opções de envio e recepção do sinal.

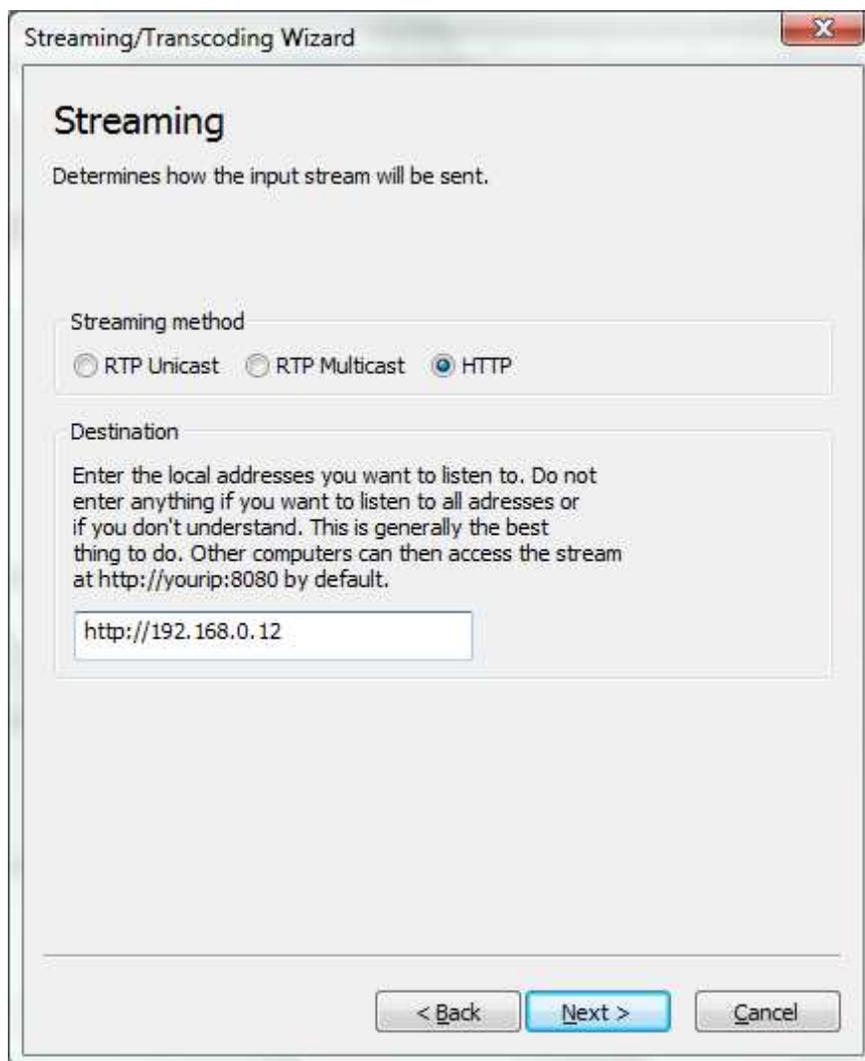
#### **4.1.3 Envio e recepção do sinal IPTV por HTTP**

O HTTP (HyperText Transfer Protocol) se encontra na camada de aplicação do modelo TCP/IP. Ele constitui a base para a World Wide Web. É por ele que um cliente faz a requisição de uma página Web, que posteriormente receberá a resposta do servidor por outros protocolos. [Tanenbaum, 2003]

Na documentação do software VLC existe uma nota informando que a transmissão por HTTP é limitada. A proposta da transmissão por HTTP é que o vídeo

seja disponibilizado para vários computadores a partir da requisição no servidor pelo cliente.

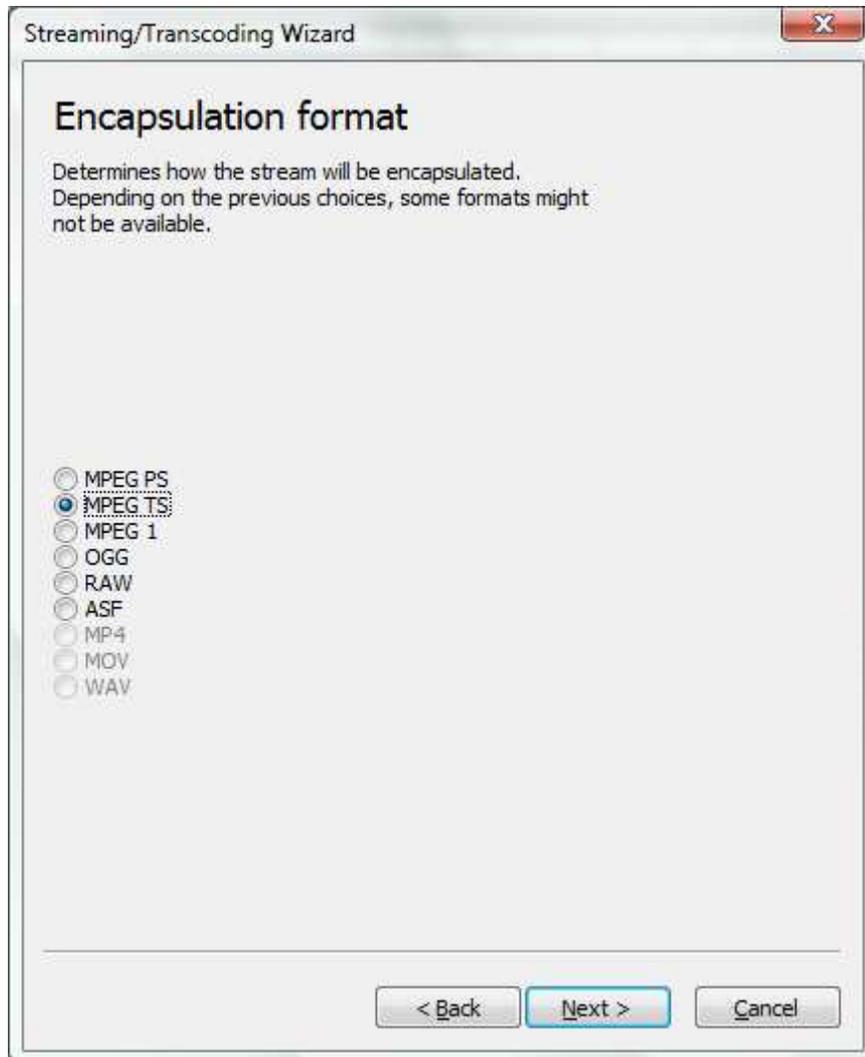
Com o envio do stream por HTTP foram configurados dois parâmetros no servidor e um no cliente. No configurado o endereço que disponibilizado para a requisição Web do stream. Em seguida, o formato de encapsulamento. A Figura 4.6 mostrar a configuração do endereço, que também foi apresentada como a segunda etapa da configuração.



**Figura 4. 6 - Configuração do IP Server de envio do Stream**

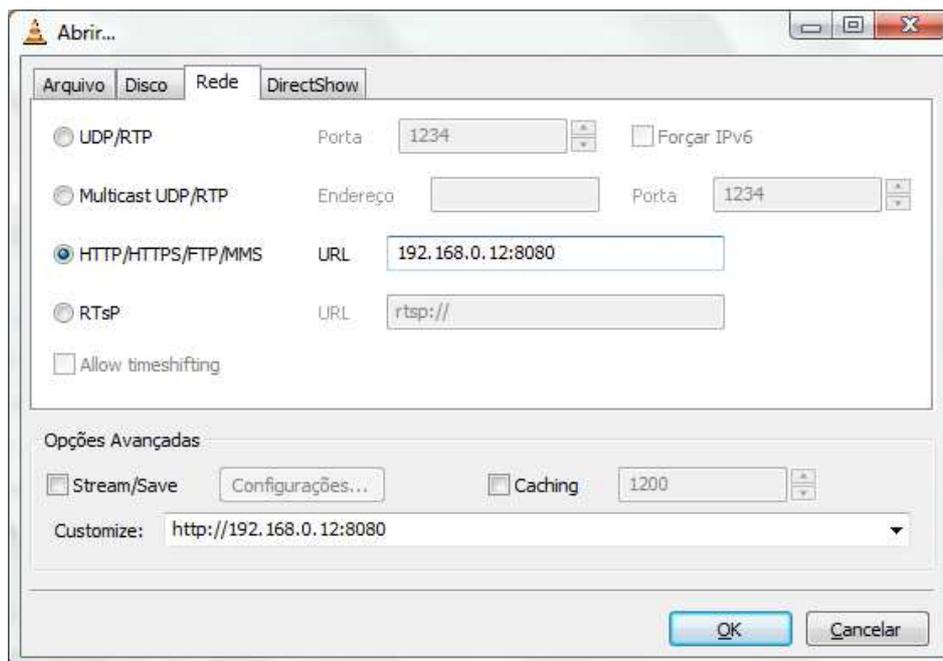
A Figura 4.7 apresenta a configuração do encapsulamento do stream. Para o transporte por HTTP são disponibilizados seis opções. Para este projeto será utilizado o encapsulamento MPEG-TS. Esse é um formato de protocolo de comunicação de dados,

vídeo e áudio. Seu formato permite multiplexar os pacotes de áudio e vídeo. Devido o MPEG-TS ser compatível com todas as formas de transferência utilizadas no projeto, esse será o padrão.

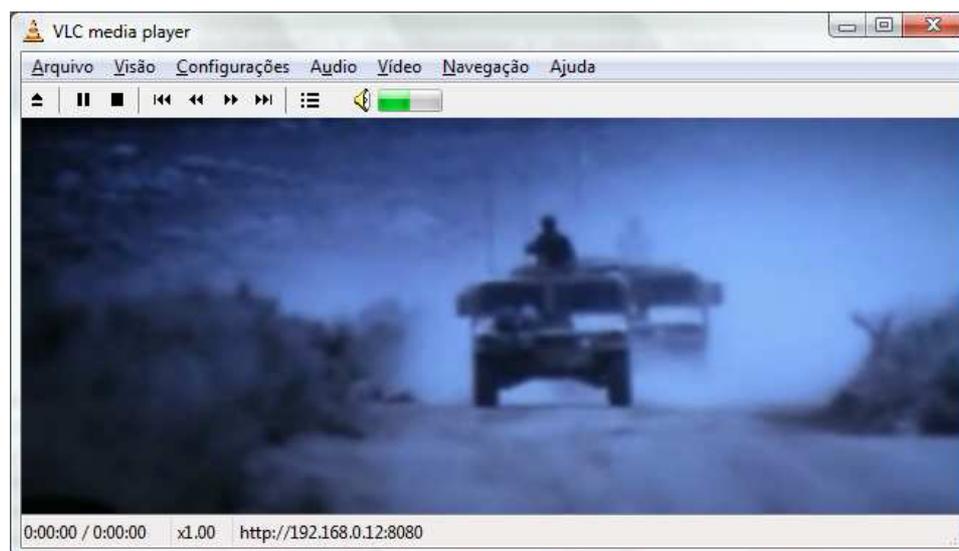


**Figura 4.7 - Definição de encapsulamento do Stream**

A Figura 4.8 apresenta a configuração no lado do cliente. Utilizando a opção do menu de Open Network Stream..., seleciona-se forma de rede via HTTP/HTTPS/FTP/MMS e informa o endereço IP de origem. Ao confirmar operação clicando em OK, o software inicia a exibição do stream como visto na Figura 4.9.



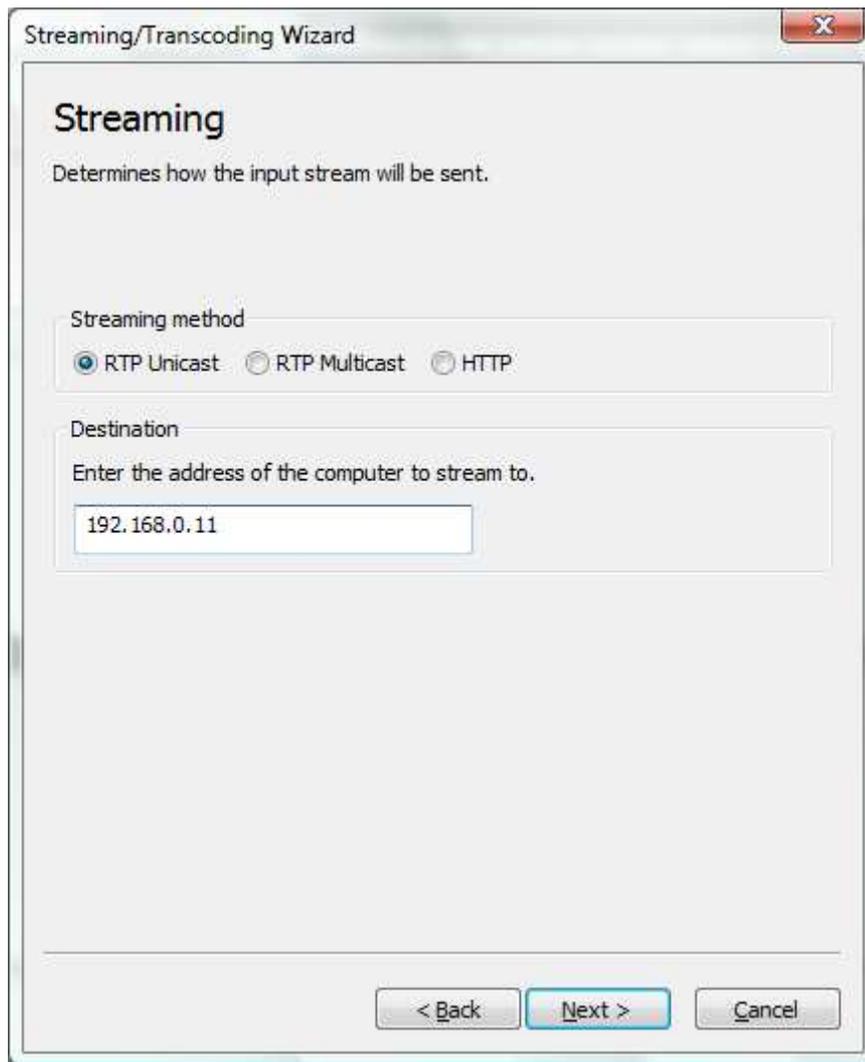
**Figura 4.0.8 - Configuração para visualização do Stream pela rede no cliente**



**Figura 4.9 - Exibição do Stream transmitido por HTTP**

#### **4.1.4 Envio e recepção do sinal IPTV por Unicast**

Na fase seguinte de implementação foi utilizado a transmissão em unicast. No servidor do stream foram definidos os endereços de destinos dos pacotes. A Figura 4.27 mostra como é definido o endereço. Os endereços utilizados pelas máquinas foram informados no capítulo 3, para os clientes 192.168.0.11 e 192.168.0.12, para o servidor 192.168.0.12.



**Figura 4.10 - Definição do endereço IP de destino do stream**

O encapsulamento nesse método de transmissão é o mesmo do método HTTP, como informado no tópico anterior.

A recepção do stream no destinatário se assemelha com a do HTTP. Difere por não necessitar informar o endereço de origem. Isso ocorre pelo fato do pacote ter destino específico desde a sua geração, como visto na Figura 4.10. A Figura 4.11 mostra como o software define a recepção do stream por Unicast. Observando que não local para informar o endereço como dito. Isso ocorre pelo fato do software buscar na rede todos os pacotes destinados ao endereço de onde ele está configurado.

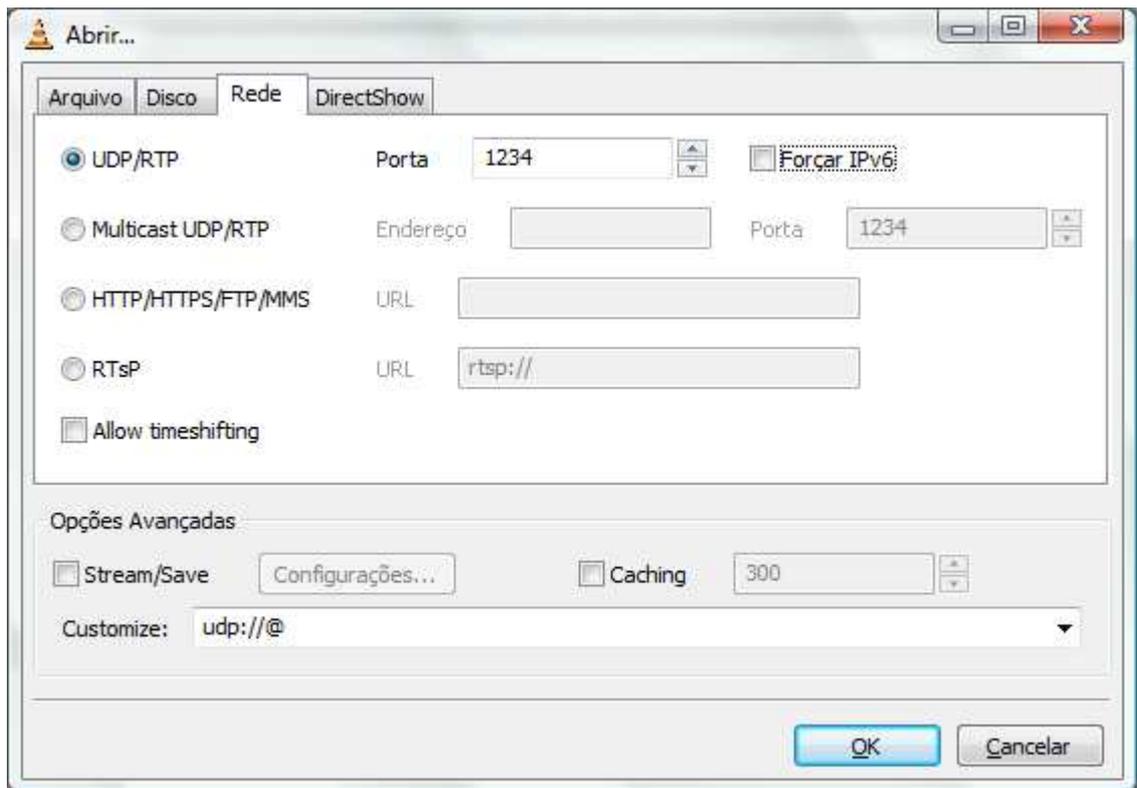
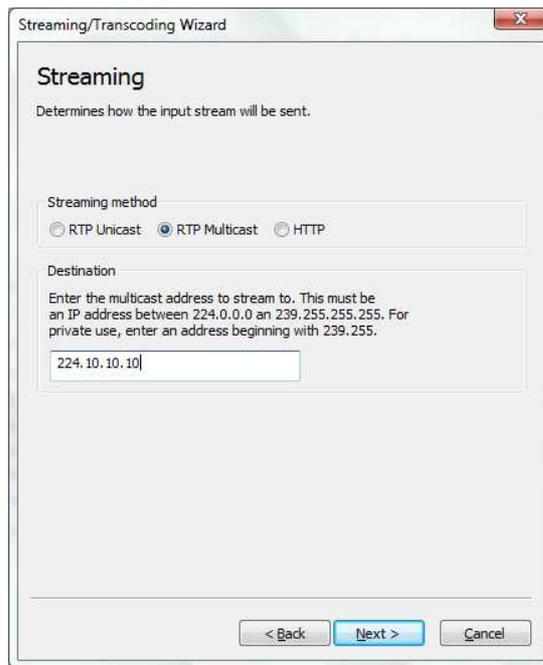


Figura 4.11 - Configuração para recepção do stream no método unicast

#### 4.1.5 Envio e recepção do sinal IPTV por Multicast

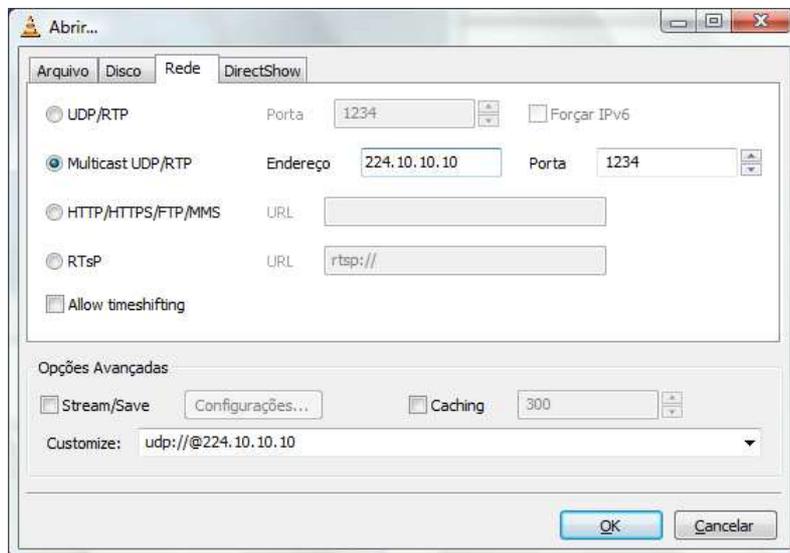
O terceiro, e último método de transmissão adotado no projeto é o Multicast. Esse método se assemelha bastante com o Broadcast, pois ambos encaminham os pacotes para um grupo de destinatários. A distinção está no fato de o método Broadcast encaminhar para todas as máquinas da rede, e o método Multicast para um grupo específico na rede, podendo ser ou não todas as máquinas da rede.

A Figura 4.12 mostra a configuração na origem do encaminhamento do stream. Para a comunicação em Multicast foi utilizado o endereço na faixa IP 224.10.10.10.



**Figura 4.12 - Configuração do método multicast de envio de stream**

Para receber os pacotes encaminhados para o endereço Multicast informado na figura acima, nos clientes foi configurado a forma de abertura como Multicast no endereço 224.10.10.10. Este fato fica evidente na Figura 4.13.



**Figura 4.13 - Configuração de recebimento do stream por multicast**

Com essas configurações o projeto foi implementado e realizadas as transmissões. O próximo capítulo apresentará a análise dos resultados.

## **CAPÍTULO 5 – Análise de Resultados**

Neste capítulo são apresentados os resultados que foram obtidos na implementação e testes dos cenários propostos. Em seguida, os resultados da transmissão serão confrontados para teste de comparação de desempenho e confirmar se há ou não viabilidade de transmissão IPTV na rede WLAN.

### ***5.1 Procedimentos padrão para medições***

Usufruindo dos métodos de medida de desempenho descritos no capítulo 3 deste trabalho, as transmissões ocorridas serão submetidas a análises para demonstração dos resultados.

Medição de parâmetros de tempos de resposta, latência, throughput e jitter serão tomadas como base na transmissão de áudio e vídeo por meio da rede local sem fio. O stream é o mesmo descrito no capítulo 3, com qualidade de DVD. O Wireshark foi necessário para capturar os dados que fundamentaram a análise.

Para cada formato de transmissão foram enviados cinco (5) vezes o mesmo stream, limitado em noventa segundos de envio a partir do seu momento inicial, podendo levar mais tempo conforme o desempenho da rede.

#### **5.1.1 Medição e Análise da WLAN transmitindo sinal de IPTV**

AS medições e análises serão separadas pela forma de transmissão utilizada no projeto. HTTP, Unicast e Multicast são as formas implementadas. Cada um deles será analisado individualmente e, por fim, comparados entre si para conclusão do projeto.

### ***5.2 Resultados obtidos***

As transmissões ocorreram com planejado e informado no capítulo 3, ou seja, para cada método (HTTP, RTP Unicast e RTP Multicast) foram realizadas cinco transmissões IPTV pela rede WLAN. Resultante desse trabalho e dos dados coletados alcançou-se os seguintes resultados.

## 5.2.1 Transmissão HTTP

Na transmissão do sinal IPTV com o método HTTP chegou-se aos resultados como apresentados nas próximas tabelas.

**Tabela 6 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 1 por HTTP**

<b>Transmissão 1 HTTP</b>				
<b>Transmissão</b>	<b>Tamanho do Arquivo (MB)</b>	<b>Latência (ms)</b>	<b>Throughput (Mbps)</b>	<b>Tempo de Resposta (ms)</b>
C1: 192.168.0.10 -> 192.168.0.11	9,82	12,15	0,13	35,87
C2: 192.168.0.10 -> 192.168.0.12	9,23	13,62	0,11	40,71

Fonte: Próprio autor

A Tabela 6 apresenta os dados com uma transmissão adequada, comprovando a transmissão do sinal IPTV, conforme latência calculada.

**Tabela 7 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 2 por HTTP**

<b>Transmissão 2 HTTP</b>				
<b>Transmissão</b>	<b>Tamanho do Arquivo (MB)</b>	<b>Latência (ms)</b>	<b>Throughput (Mbps)</b>	<b>Tempo de Resposta (ms)</b>
C1: 192.168.0.10 -> 192.168.0.11	9,16	13,63	0,10	40,27
C2: 192.168.0.10 -> 192.168.0.12	9,99	11,82	0,13	35,42

Fonte: Próprio autor

A Tabela 7 apresenta os dados com uma transmissão adequada, comprovando a transmissão do sinal IPTV, conforme latência calculada.

**Tabela 8 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 3 por HTTP**

<b>Transmissão 3 HTTP</b>				
<b>Transmissão</b>	<b>Tamanho do Arquivo (MB)</b>	<b>Latência (ms)</b>	<b>Throughput (Mbps)</b>	<b>Tempo de Resposta (ms)</b>
C1: 192.168.0.10 -> 192.168.0.11	9,93	11,87	0,13	35,02
C2: 192.168.0.10 -> 192.168.0.12	9,78	12,58	0,12	37,87

Fonte: Próprio autor

A Tabela 8 apresenta os dados com uma transmissão adequada, comprovando a transmissão do sinal IPTV, conforme latência calculada.

**Tabela 9 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 4 por HTTP**

<b>Transmissão 4 HTTP</b>				
<b>Transmissão</b>	<b>Tamanho do Arquivo (MB)</b>	<b>Latência (ms)</b>	<b>Throughput (Mbps)</b>	<b>Tempo de Resposta (ms)</b>
C1: 192.168.0.10 -> 192.168.0.11	9,91	11,91	0,13	35,48
C2: 192.168.0.10 -> 192.168.0.12	9,99	12,63	0,12	37,46

Fonte: Próprio autor

A Tabela 9 apresenta os dados com uma transmissão adequada, comprovando a transmissão do sinal IPTV, conforme latência calculada.

**Tabela 10 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 5 por HTTP**

<b>Transmissão 5 HTTP</b>				
<b>Transmissão</b>	<b>Tamanho do Arquivo (MB)</b>	<b>Latência (ms)</b>	<b>Throughput (Mbps)</b>	<b>Tempo de Resposta (ms)</b>
C1: 192.168.0.10 -> 192.168.0.11	9,91	11,80	0,13	34,83
C2: 192.168.0.10 -> 192.168.0.12	9,49	13,30	0,11	39,96

Fonte: Próprio autor

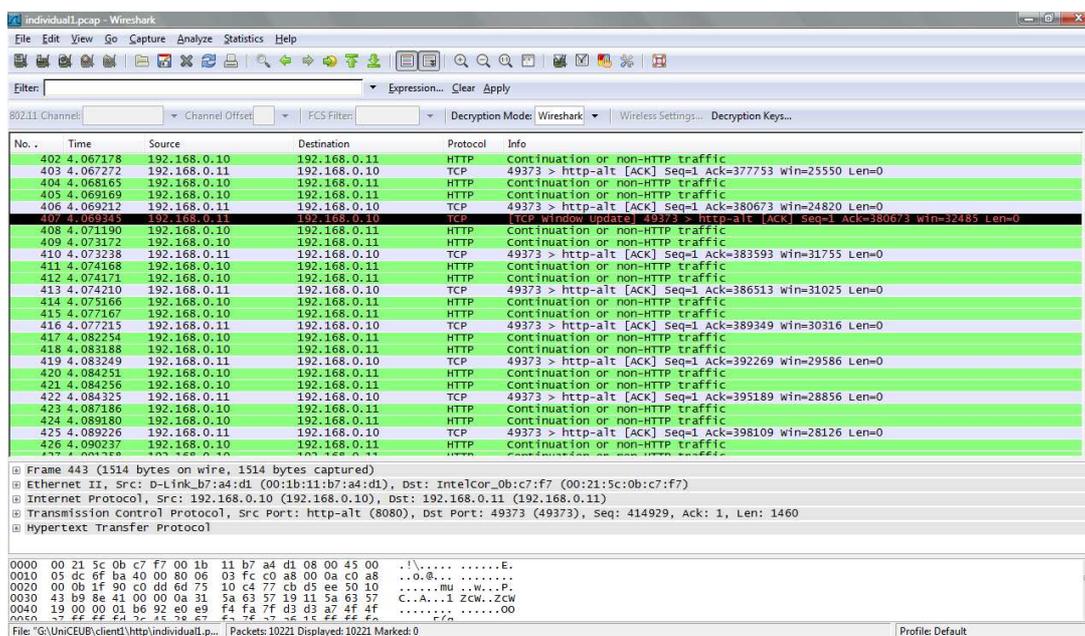
A Tabela 10 apresenta os dados com uma transmissão adequada, comprovando a transmissão do sinal IPTV, conforme latência calculada.

**Tabela 11 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões HTTP**

Transmissão Média HTTP				
Transmissão	Tamanho do Arquivo (MB)	Latência (ms)	Throughput (Mbps)	Tempo de Resposta (ms)
C1: 192.168.0.10 -> 192.168.0.11	9,75	12,27	0,12	36,29
C2: 192.168.0.10 -> 192.168.0.12	9,70	12,79	0,12	38,29

Fonte: Próprio autor

A tabela 11 apresenta a média dos dados das cinco transmissão IPTV por HTTP. Foram observados os dados de tamanho do arquivo recebidos, latência da transmissão, throughput da rede e o tempo de resposta calculado. Assim, ela mostra o comportamento médio das cinco transmissões IPTV na rede WLAN por HTTP.



**Figura 5.1 - Tela do Wireshark capturando os pacotes HTTP no cliente 1, IP 192.168.0.11**

A Figura 5.1 traz um cópia da tela no momento da capturada dos pacotes na rede WLAN, como o método de transmissão HTTP, tendo como referência o cliente 1. A partir desse monitoramento foi possível calcular as medidas de transmissão e saber qual o desempenho no momento.

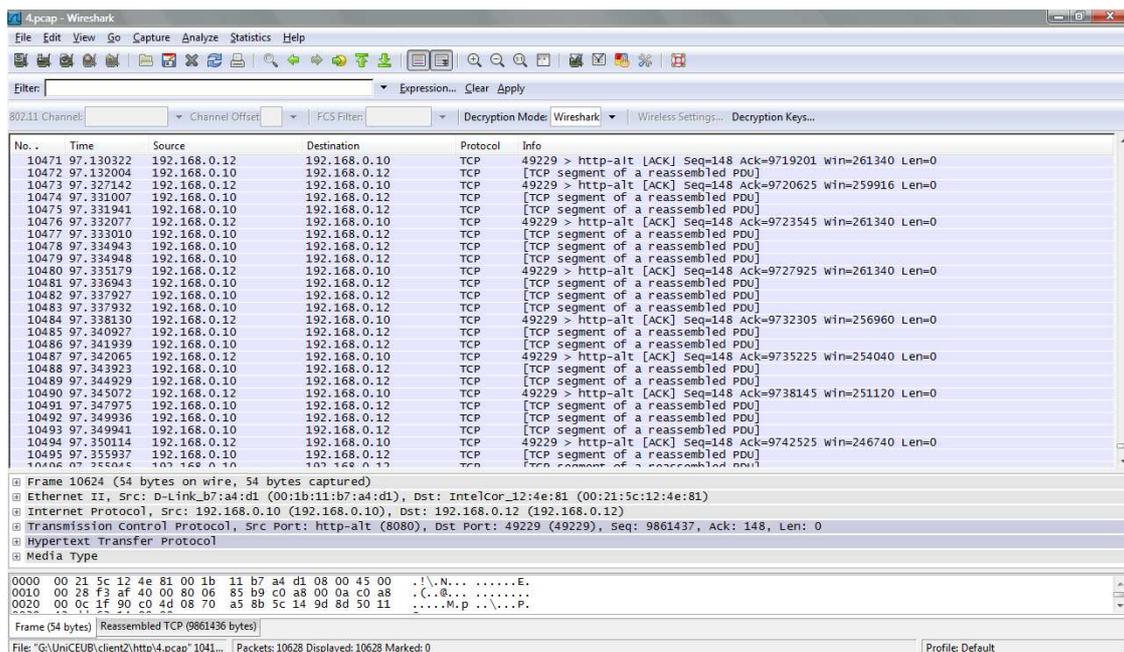


Figura 5.2 - Tela do Wireshark capturando os pacotes HTTP no cliente 2, IP 192.168.0.12

A Figura 5.2 também mostra os pacotes capturados na rede WLAN, como o método de transmissão HTTP, a diferença é que nessa figura a referência é o cliente 2.

### 5.2.2 Transmissão Unicast

Na transmissão do sinal IPTV com o método RTP Unicast chegou-se aos resultados como apresentados nas próximas tabelas.

Tabela 12 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 1 por RTP Unicast

Transmissão 1 RTP Unicast				
Transmissão	Tamanho do Arquivo (MB)	Latência (ms)	Throughput (Mbps)	Tempo de Resposta (ms)
C1: 192.168.0.10 -> 192.168.0.11	9,78	12,55	0,12	12,55
C2: 192.168.0.10 -> 192.168.0.12	9,78	12,45	0,12	12,45

Fonte: Próprio autor

A Tabela 12 apresenta os dados com uma transmissão adequada, comprovando a transmissão do sinal IPTV, conforme latência calculada.

**Tabela 13 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 2 por RTP Unicast**

<b>Transmissão 2 RTP Unicast</b>				
<b>Transmissão</b>	<b>Tamanho do Arquivo (MB)</b>	<b>Latência (ms)</b>	<b>Throughput (Mbps)</b>	<b>Tempo de Resposta (ms)</b>
C1: 192.168.0.10 -> 192.168.0.11	9,51	12,47	0,12	12,47
C2: 192.168.0.10 -> 192.168.0.12	9,66	12,41	0,12	12,41

Fonte: Próprio autor

A Tabela 13 apresenta os dados com uma transmissão adequada, comprovando a transmissão do sinal IPTV, conforme latência calculada.

**Tabela 14 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 3 por RTP Unicast**

<b>Transmissão 3 RTP Unicast</b>				
<b>Transmissão</b>	<b>Tamanho do Arquivo (MB)</b>	<b>Latência (ms)</b>	<b>Throughput (Mbps)</b>	<b>Tempo de Resposta (ms)</b>
C1: 192.168.0.10 -> 192.168.0.11	9,67	1,35	1,11	1,35
C2: 192.168.0.10 -> 192.168.0.12	9,78	1,33	1,14	1,33

Fonte: Próprio autor

A Tabela 14 apresenta os dados com uma transmissão adequada, comprovando a transmissão do sinal IPTV, conforme latência calculada.

**Tabela 15 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 4 por RTP Unicast**

<b>Transmissão 4 RTP Unicast</b>				
<b>Transmissão</b>	<b>Tamanho do Arquivo (MB)</b>	<b>Latência (ms)</b>	<b>Throughput (Mbps)</b>	<b>Tempo de Resposta (ms)</b>
C1: 192.168.0.10 -> 192.168.0.11	6,94	1,88	0,57	1,88
C2: 192.168.0.10 -> 192.168.0.12	4,31	27,44	0,02	27,44

Fonte: Próprio autor

A Tabela 15 apresenta os dados com uma transmissão adequada, comprovando a transmissão do sinal IPTV, conforme latência calculada.

Tabela 16 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 5 por RTP Unicast

Transmissão 5 RTP Unicast					
Transmissão	Tamanho do Arquivo (MB)	Latência (ms)	Throughput (Mbps)	Tempo de Resposta (ms)	
C1: 192.168.0.10 -> 192.168.0.11	9,30	13,63	0,11	13,63	
C2: 192.168.0.10 -> 192.168.0.12	2,49	4,95	0,08	4,95	

Fonte: Próprio autor

A Tabela 16 apresenta os dados com uma transmissão adequada, comprovando a transmissão do sinal IPTV, conforme latência calculada.

Tabela 17 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões RTP Unicast

Transmissão Média RTP Unicast					
Transmissão	Tamanho do Arquivo (MB)	Latência (ms)	Throughput (Mbps)	Tempo de Resposta (ms)	
C1: 192.168.0.10 -> 192.168.0.11	9,04	8,38	0,41	8,38	
C2: 192.168.0.10 -> 192.168.0.12	7,20	11,72	0,30	11,72	

Fonte: Próprio autor

A Tabela 17 apresenta a média dos dados para transmissão IPTV por RTP Unicast. Foram observados os dados de tamanho do arquivo recebidos, latência da transmissão, throughput da rede e o tempo de resposta calculado.

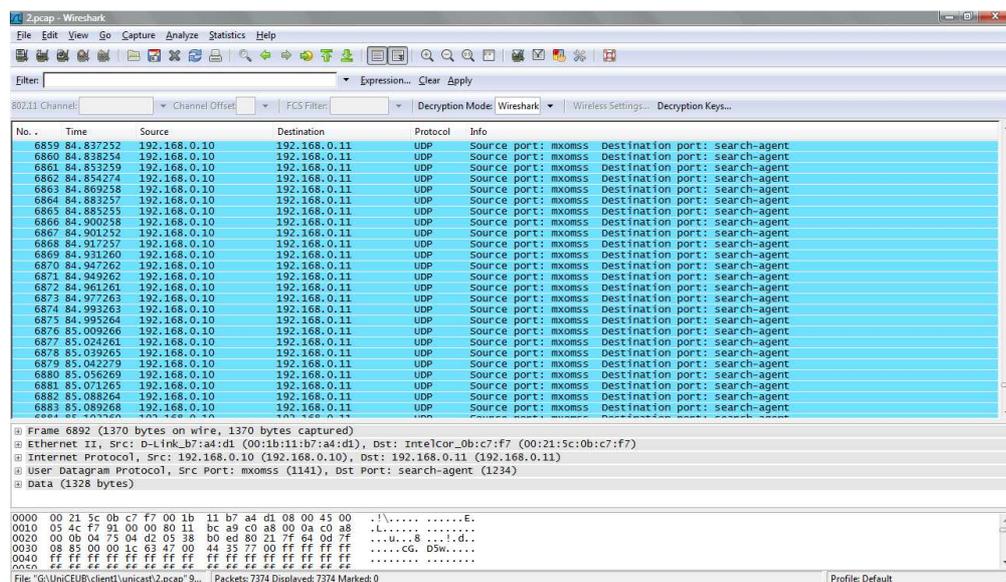
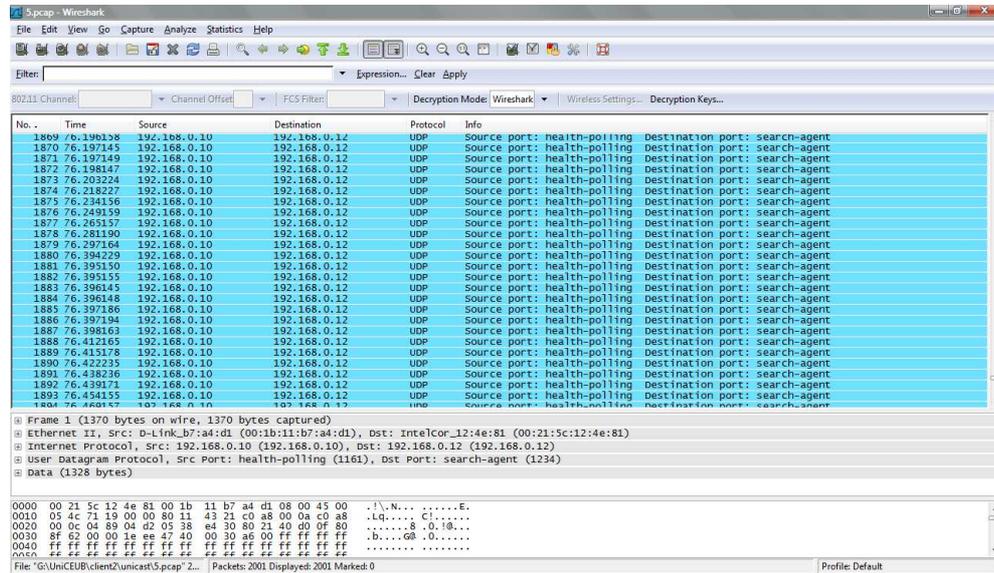


Figura 5.3 - Tela do Wireshark capturando os pacotes Unicast no cliente 1, IP 192.168.0.11

A Figura 5.3 traz um cópia da tela no momento da capturada dos pacotes na rede WLAN, como o método de transmissão RTP Unicast, tendo como referência o cliente 1. A partir desse monitoramento foi possível calcular as medidas de transmissão e saber qual o desempenho no momento.



**Figura 5.4 - Tela do Wireshark capturando os pacotes Unicast no cliente 2, IP 192.168.0.12**

A Figura 5.4 também mostra os pacotes capturados na rede WLAN, como o método de transmissão RTP Unicast, a diferença é que nessa figura a referência é o cliente 2.

### 5.2.3 Transmissão Multicast

Na transmissão do sinal IPTV com o método RTP Multicast chegou-se aos resultados como apresentados nas próximas tabelas.

**Tabela 18 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 1 por RTP Multicast**

Transmissão 1 RTP Multicast				
Transmissão	Tamanho do Arquivo (MB)	Latência (ms)	Throughput (Mbps)	Tempo de Resposta (ms)
C1: 192.168.0.10 -> 192.168.0.11	4,58	24,86	0,03	2193,07
C2: 192.168.0.10 -> 192.168.0.12	4,52	25,17	0,03	262,28

Fonte: Próprio autor

A Tabela 18 apresenta os dados com uma transmissão adequada, comprovando a transmissão do sinal IPTV, conforme latência calculada. Contudo, a comunicação entre cliente e servidor não foi bem conforme mostrado com o tempo de resposta.

**Tabela 19 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 2 por RTP Multicast**

<b>Transmissão 2 RTP Multicast</b>				
<b>Transmissão</b>	<b>Tamanho do Arquivo (MB)</b>	<b>Latência (ms)</b>	<b>Throughput (Mbps)</b>	<b>Tempo de Resposta (ms)</b>
C1: 192.168.0.10 -> 192.168.0.11	4,67	25,07	0,03	48029,86
C2: 192.168.0.10 -> 192.168.0.12	4,63	25,28	0,03	145,82

Fonte: Próprio autor

A Tabela 19 apresenta os dados com uma transmissão adequada, comprovando a transmissão do sinal IPTV, conforme latência calculada. Contudo, a comunicação entre cliente e servidor não foi bem conforme mostrado com o tempo de resposta.

**Tabela 20 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 3 por RTP Multicast**

<b>Transmissão 3 RTP Multicast</b>				
<b>Transmissão</b>	<b>Tamanho do Arquivo (MB)</b>	<b>Latência (ms)</b>	<b>Throughput (Mbps)</b>	<b>Tempo de Resposta (ms)</b>
C1: 192.168.0.10 -> 192.168.0.11	4,67	25,05	0,03	204,38
C2: 192.168.0.10 -> 192.168.0.12	4,60	25,39	0,03	75,59

Fonte: Próprio autor

A Tabela 20 apresenta os dados com uma transmissão adequada, comprovando a transmissão do sinal IPTV, conforme latência calculada. Contudo, a comunicação entre cliente e servidor não foi bem conforme mostrado com o tempo de resposta.

**Tabela 21 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 4 por RTP Multicast**

<b>Transmissão 4 RTP Multicast</b>				
<b>Transmissão</b>	<b>Tamanho do Arquivo (MB)</b>	<b>Latência (ms)</b>	<b>Throughput (Mbps)</b>	<b>Tempo de Resposta (ms)</b>
C1: 192.168.0.10 -> 192.168.0.11	4,79	24,37	0,03	229,51
C2: 192.168.0.10 -> 192.168.0.12	4,76	24,52	0,03	191,74

Fonte: Próprio autor

A Tabela 21 apresenta os dados com uma transmissão adequada, comprovando a transmissão do sinal IPTV, conforme latência calculada. O tempo de resposta foi elevado para permitir uma transmissão de qualidade.

**Tabela 22 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões 5 por RTP Multicast**

<b>Transmissão 5 RTP Multicast</b>				
<b>Transmissão</b>	<b>Tamanho do Arquivo (MB)</b>	<b>Latência (ms)</b>	<b>Throughput (Mbps)</b>	<b>Tempo de Resposta (ms)</b>
C1: 192.168.0.10 -> 192.168.0.11	4,58	25,68	0,03	113,90
C2: 192.168.0.10 -> 192.168.0.12	4,56	25,77	0,03	154,48

Fonte: Próprio autor

A Tabela 22 apresenta os dados com uma transmissão adequada, comprovando a transmissão do sinal IPTV, conforme latência calculada. O tempo de resposta foi elevado para permitir uma transmissão de qualidade.

**Tabela 23 - Média de cálculo das medidas de desempenho na transmissões RTP Multicast**

<b>Transmissão Média RTP Multicast</b>				
<b>Transmissão</b>	<b>Tamanho do Arquivo (MB)</b>	<b>Latência (ms)</b>	<b>Throughput (Mbps)</b>	<b>Tempo de Resposta (ms)</b>
C1: 192.168.0.10 -> 192.168.0.11	4,66	25,01	0,03	10154,15
C2: 192.168.0.10 -> 192.168.0.12	4,62	25,23	0,03	165,98

Fonte: Próprio autor

A tabela 23 apresenta a média dos dados para transmissão IPTV por RTP Multicast. Foram observados os dados de tamanho do arquivo recebidos, latência da transmissão, throughput da rede e o tempo de resposta calculado.

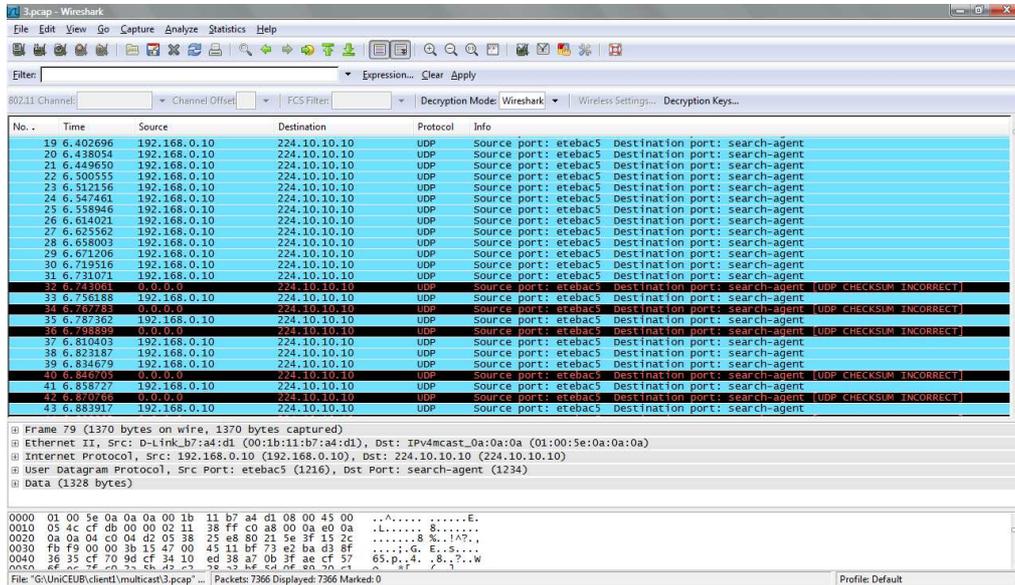


Figura 5.5 - Tela do Wireshark capturando os pacotes Multicast no cliente 1, IP 192.168.0.11

A Figura 5.5 traz um cópia da tela no momento da capturada dos pacotes na rede WLAN, como o método de transmissão RTP Multicast, tendo como referência o cliente 1. A partir desse monitoramento foi possível calcular as medidas de transmissão e saber qual o desempenho no momento.

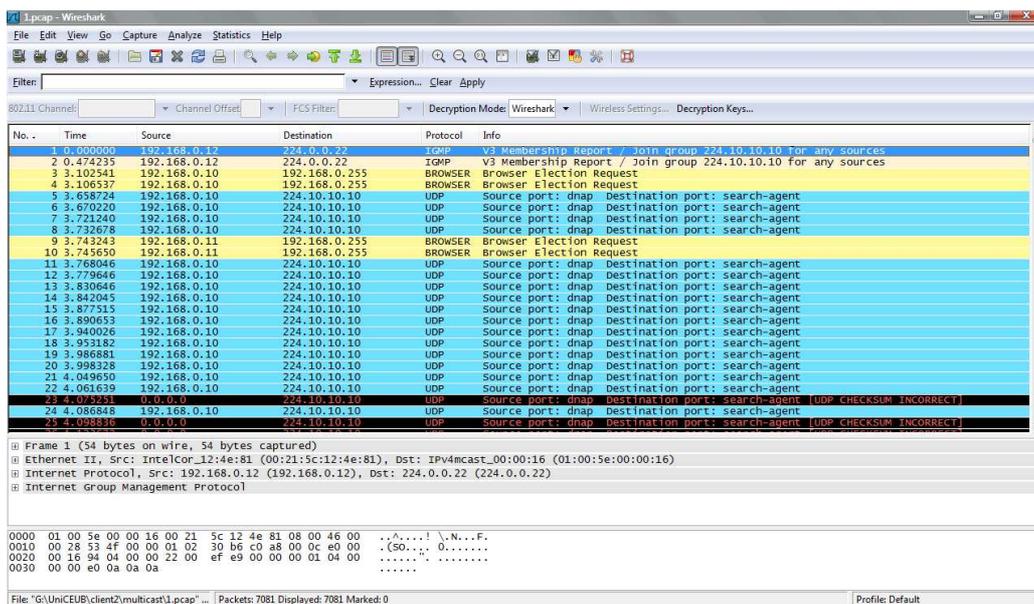


Figura 5.6 - Tela do Wireshark capturando os pacotes Unicast no cliente 2, IP 192.168.0.12

A Figura 5.6 também mostra os pacotes capturados na rede WLAN, como o método de transmissão RTP Unicast, a diferença é que nessa figura a referência é o cliente 2.

## **CAPÍTULO 6 – Conclusão e Projetos**

### ***6.1 Conclusão***

Os meios de comunicações caminham para atender as necessidades da velocidade de informação pelos consumidores. Como dito pelo ministro das telecomunicações do Brasil, Hélio Costa em 2006.

Para atender com a velocidade exigida pelo ávido consumidor, os pesquisadores aprimoraram a transmissão de áudio e vídeo sobre IP, e disponibilizou a tecnologia IPTV. Aproveitando as arquiteturas de redes de comunicações existentes, a IPTV é um desafio para estruturas limitadas como a WLAN. Movido por esse desafio, o trabalho desenvolveu a convergência entre IPTV e WLAN em uma estrutura laboratorial.

A comprovação da viabilidade na transmissão IPTV pela rede WLAN se faz com o usuário final podendo acompanhar o áudio e vídeo sem percepção, ou com pouca percepção dos problemas na transmissão, também conhecida como perda de pacote.

Este projeto realizou a transmissão de um stream de áudio e vídeo no formato IPTV pela rede WLAN. Foram realizadas cinco vezes as transmissões do mesmo vídeo em qualidade de DVD no intervalo de zero à noventa segundos em cada método de transmissão (HTTP, Unicast e Multicas). Durante essas transmissões foram capturados os pacotes em cada cliente. Dessas informações obtidas foram calculados throughput, tempo de resposta e latência, como medidas de desempenho.

A transmissão IPTV se torna possível quando o tempo demandado é abaixo de 400 ms, ou preferencialmente abaixo de 150 ms, com forma apresentado no capítulo 2 deste trabalho.

O resultado esperado desde o início do projeto foi comprovar a transmissão de TV sobre IP em uma topologia de rede local sem fio.

Nos resultados obtidos foram apresentados no capítulo 5 deste trabalho. O comportamento observado foram das transmissões em HTTP, Unicast e Multicast.

Para a transmissão HTTP obteve-se os seguintes resultados: para o cliente 1 (192.168.0.11) o tempo de resposta foi de 36,29 milisegundos, o throughput de 0,12 Mbps e a latência de 12,27 milisegundos; para o cliente 2 (192.168.0.12) o tempo de resposta foi de 38,29 milisegundos, o throughput de 0,12 Mbps e a latência de 12,79 milisegundos. Comparando o tempo de resposta nos dois clientes foi inferior ao recomendado por Ferreira. Isso comprova a viabilidade da transmissão por HTTP.

Para a transmissão RTP Unicast obteve-se os seguintes resultados: para o cliente 1 (192.168.0.11) o tempo de resposta foi de 8,38 milisegundos, o throughput de 0,41 Mbps e a latência de 8,38 milisegundos; para o cliente 2 (192.168.0.12) o tempo de resposta foi de 11,72 milisegundos, o throughput de 0,30 Mbps e a latência de 11,72 milisegundos. Comparando o tempo de resposta nos dois clientes, o primeiro obteve o tempo de resposta médio adequado comprovando a viabilidade, o segundo teve um tempo muito superior dos 400 milisegundos esperados. Mesmo com a divergência entre as máquinas, pode-se afirmar que a transmissão Unicast é viável na rede local sem fio.

Para a transmissão RTP Multicast obteve-se os seguintes resultados: para o cliente 1 (192.168.0.11) o tempo de resposta foi de 10154,15 milisegundos, o throughput de 0,03 Kbps e a latência de 25,01 milisegundos; para o cliente 2 (192.168.0.12) o tempo de resposta foi de 165,98 Mbps e a latência de 25,23 milisegundos. Ambos obtiveram o tempo de resposta muito acima dos 400 milisegundos esperados, por isso, na estrutura utilizada, a transmissão IPTV em multicast não é viável.

Com o objetivo de comprovar a transmissão do sinal IPTV em uma rede WLAN doméstica, o trabalho confirma o que era esperado. Observa-se que a descontinuidade

pela empresa fabricante do roteador utilizado, e sua limitação com transmissões Multicast, além do alto custo para adquirir um equipamento mais adequado, neste método a transmissão ficou a desejar. As opções de transmissão em Unicast e HTTP se mostraram eficazes, assim corroborando a proposta inicial.

## ***6.2 Projetos Futuros***

Como propostas de projetos futuros poderão ser estudados os seguintes aspectos:

- Comparação de desempenho da transmissão multicast em 54 Mbps com 108 Mbps;
- Limite de clientes para o servidor único;
- Desenvolver um middler capaz de integrar os eletroeletrônicos domésticos para exibir informações na TV ou computador
- Compactação e encapsulamento de streams de áudio e vídeo para redes WLAN
- Middler para interatividade em sistemas IPTV
- Estudo de melhor roteamento dos pacotes streams na rede WLAN para transmissão IPTV

## Referência bibliográfica

### *Referências Impressa*

ALCOTT, Neall. DHCP FOR WINDOWS 2000, 1ª Edição. 2001. O'Reilly.

AMADOR, Wilson Junior de Brito. ANÁLISE DE DESEMPENHO DO PADRÃO IEEE 802.1x EM REDES CABEADAS UTILIZANDO INFRA-ESTRUTURA DE CHAVE PÚBLICA. 2008. 123 f. Monografia (graduação) – Centro Universitário de Brasília. 2008.

FLINCKENGER, Rob. BUILDING WIRELESS COMMUNITY NETWORKS, 1ª Edição. 2002. O'Reilly.

HARTE, Lawrence; IPTV basics technology, operation and services – Althos; Publishing; Fuquay – Varina 2007.

JOSEPH Weber; IPTV Crash Course ,MacGraw - Hill, June 2006.

MIR, Nade F. COMPUTER AND COMMUNICATION NETWORKS, 1ª Edição. Prentice Hall.

MOREIRA, André Gustavo de Andrade. TRANSMISSÃO DE “TELEVISÃO” ATRAVÉS DE REDES METRO-ETHERNET, UTILIZANDO A TECNOLOGIA IPTV, EM UM CENÁRIO COM QoS. 2007. 153 f. Monografia (graduação) – Centro Universitário de Brasília. 2007.

NAUGLE, Matthew. GUIA ILUSTRADO DO TCP/IP. Editora Berkeley.

PETERSON, Larry L.; DAVIE, Bruce S. REDES DE COMPUTADORES UMA ABORDAGEM DE SISTEMAS. 3ª Edição. Editora Campus.

SOARES, Luiz Fernandes Gomes; LEMOS, Guido; COLCHER, Sérgio. REDES DE COMPUTADORES DAS LANs, MANs E WANs ÀS REDES ATM. 2ª Edição. Editora Campus.

SOUSA, Maxuel Barbosa de. WIRELESS SISTEMAS DE REDE SEM FIO, 1ª Edição. 2002. Brasport.

TANENBAUM Andrew S. Redes de Computadores – Editora Campus

TORRES, Gabriel; REDES DE COMPUTADORES: CURSO COMPLETO. 2001. Editora Axcel.

### ***Referências eletrônicas***

<http://www.immanouel.com/imgFCK/img/Image/espectro.gif> 15/04/2008

<http://www.voipcode.com.br/2008/04/09/estudo-preve-crescimento-da-iptv/>  
15/04/2008

[http://www.iptvarticles.com/IPTVMagazine\\_2006\\_01\\_smarter\\_wifi.htm](http://www.iptvarticles.com/IPTVMagazine_2006_01_smarter_wifi.htm)  
18/04/2008

<http://www.iptvdictionary.com/> 18/04/2008

<http://www.teleco.com.br/emdebate/etude06.asp> TUDE, Eduardo. O CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO DA TV DIGITAL NO BRASIL. 2006. Teleco Informações em Comunicação.

<http://www.oiw.com.br/tecnologia/wireless/> 19/08/2008

<http://www.telecomonline.com.br/noticias/fornecedores-aguardam-definicao-regulatoria-para-crescer-com-iptv> 24/08/2008

<http://www.swbrasil.com.br/iptv/iptv.htm> 05/09/2008