

**FACULDADE DE TECNOLOGIA ALCIDES MAYA - AMTEC  
CURSO TECNOLÓGICO EM REDES DE COMPUTADORES**

**LEONARDO QUINTANA RODRIGUES**

**QUALIDADE DE SERVIÇO EM TELEFONIAS IP**

**Porto Alegre**

**2020**

LEONARDO QUINTANA RODRIGUES

QUALIDADE DE SERVIÇO EM TELEFONIAS IP

Projeto de Pesquisa apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo, pelo Curso de Redes de Computadores da Faculdade de Tecnologia Alcides Maya - AMTEC

Orientador: Prof. João Padilha Moreira  
Coorientador: Prof. Me. João Padilha Moreira

Porto Alegre

2020

## RESUMO

RODRIGUES, Leonardo Quintana. **QUALIDADE DE SERVIÇO EM TELEFONIAS IP.** Projeto de pesquisa (Tecnólogo em Redes de Computadores) da Faculdade de Tecnologia Alcides Maya – AMTEC

Este projeto visa apresentar uma solução em QOS (Qualidade de Serviço) para telefonia IP. A Utilização de técnicas, ferramentas e protocolos de rede, são reunidas e apresentadas para dar prioridade nos tráfegos de pacotes de voz, minimizando congestionamentos, perdas de pacotes e jitter, a fim de, buscar uma melhor qualidade nas chamadas, comprovando a eficácia do serviço de telefonia de voz por IP.

**Palavras-chave:** Telefonia. Qualidade de Serviço. Protocolos. Rede. Voip.

## ABSTRACT

RODRIGUES, Leonardo Quintana. **QUALIDADE DE SERVIÇO EM TELEFONIAS IP.** Projeto de pesquisa (Tecnólogo em Redes de Computadores) da Faculdade de Tecnologia Alcides Maya – AMTEC

This project aims to present a solution in QOS (Quality of Service) for IP telephony. The use of network techniques, tools and protocols are brought together and presented to give priority to voice packet traffic, minimizing congestion, packet losses and jitter, in order to seek better quality calls, proving the effectiveness of the service voice telephony over IP.

**Keywords:** Telephony. Service quality. Protocols. Network. Voip.

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Normas Brasileiras de Regulação
QOS	Quality Of Service
IP	Internet Protocol
TCP	Transfer Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
TDM	Time Division Multiplexing
ISDN	Integrated Services Digital Network
SIP	Session Initiation Protocol
DiffServ	Differentiated Services
IntServ	Integrated Services
RTP	Real-Time Transport Protocol
RTCP	Real-Time Control Transport Protocol
RSVP	Resource Reservation Protocol
FRTS	Frame Relay Traffic Shaping
FIFO	First In First Out
MPLS	Multi Protocol Label Switching
IETF	Internet Engineering Task Force

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
1.1 Definição do tema ou problema .....	6
1.2 Delimitações do trabalho .....	7
1.3 Objetivo Geral .....	7
1.4 Objetivos Específicos .....	7
1.5 Justificativa.....	7
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>8</b>
2.1 Telefonia Analógica.....	8
2.2 Telefonia IP .....	9
2.3 Qualidade de Serviço – QOS .....	10
2.4 Intserv.....	12
2.5 Diffserv .....	13
2.6 Interligação dos modelos Intserv e Diffserv .....	14
2.7 VLAN.....	14
2.8 Protocolo TCP/IP .....	15
2.9 Protocolo UDP .....	16
2.10 Protocolo SIP.....	17
2.11 FRAME RELAY .....	17
2.12 MPLS .....	18
<b>3 MONITORAMENTO E CONTROLE DE TRÁFEGO .....</b>	<b>20</b>
3.1 RED – Random Early Detection .....	20
3.2 WRED – Weighted Random Early Detection .....	21
<b>4 METODOLOGIA .....</b>	<b>22</b>
<b>5 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO.....</b>	<b>24</b>
<b>6 VALIDAÇÃO .....</b>	<b>25</b>
<b>7 LABORATÓRIO - QOS EM TELEFONIAS IP EM EQUIPAMENTOS CISCO.....</b>	<b>28</b>
<b>8 CONCLUSÃO .....</b>	<b>31</b>
<b>9 CRONOGRAMA .....</b>	<b>32</b>
<b>10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A evolução da tecnologia nos sistemas de telecomunicações vem crescendo a cada dia e começa a se consolidar no mercado atraindo principalmente pelo custo/benefício que apresenta. Observamos que os projetos envolvendo a substituição da telefonia analógica pela telefonia de voz por IP, tem sido implementado na maioria das vezes sem o devido cuidado quanto a qualidade da infraestrutura de rede local. Para receber tamanha mudança e quando se faz a implementação, surgem diversos sintomas e o usuário final acaba sendo a parte mais prejudicada, por esse motivo gera a desconfiança: “Qual é a melhor telefonia afinal? Vale a pena mudar? ”, estes e outros questionamentos nos levaram a ficar na dúvida também, por outro lado, nos deram a motivação para buscar soluções através de estudos feitos para se obter uma melhor qualidade nos serviços de telefonia por IP para que nos provem a sua real eficácia, além da economia pela qual não se tem mais dúvidas.

Pensando nisso, o projeto visa apresentar recursos de QOS utilizados na infraestrutura de redes que garanta uma melhor qualidade nos serviços de telefonia IP.

### 1.1 Definição do tema ou problema

Vivenciamos experiências em que as reclamações e questionamentos dos clientes eram praticamente os mesmos após implementarmos o novo sistema de telefonia em substituição a telefonia analógica. O serviço nunca atendia 100%, variados sintomas como ruídos, eco, picoteamento, perda de conexão, atraso ao completar as chamadas entre outros, fazia com que se multiplicassem os chamados no setor de TI. Por conta disso, a telefonia substituída levava os contratantes, usuários e até mesmo os técnicos a ficarem na dúvida quanta a eficácia dos serviços da nova tecnologia, sendo assim, nos empenhamos em buscar uma solução em QOS que atendesse a essa demanda, solucionando os problemas e aumentando a qualidade do serviço oferecido.

## 1.2 Delimitações do trabalho

Buscaremos neste projeto, através de pesquisas, soluções para se obter um tráfego de qualidade, aplicando as boas práticas de redes, segmentando a infraestrutura ao criar uma Vlan de voz, utilizando protocolos entre outras ferramentas.

No primeiro momento, não aplicaremos experimentos na prática, ou seja, vamos analisar o ambiente de rede e estabelecer as mudanças a serem feitas, utilizando técnicas em QOS.

Em seguida, apresentaremos uma aplicação de QOS para segmentar o tráfego de Voz em uma rede com telefonia IP, onde utilizaremos a ferramenta Packt Tracer da Cisco para a reprodução do experimento em laboratório virtual.

## 1.3 Objetivo Geral

Apresentar uma solução em QOS (Qualidade de Serviço) para telefonias Voip, utilizando técnicas, ferramentas e protocolos de rede, buscando uma qualidade satisfatória comprovando a eficiência do serviço de telefonia por IP.

## 1.4 Objetivos Específicos

- A) Identificar os problemas (sintomas) quanto a qualidade do serviço;
- B) Buscar soluções para melhorar o tráfego na infraestrutura;
- C) Realizar ajustes nos ativos de rede;
- D) Implementar protocolos para priorização de tráfego;
- E) Realizar monitoramento de tráfego através de ferramentas específicas;

## 1.5 Justificativa

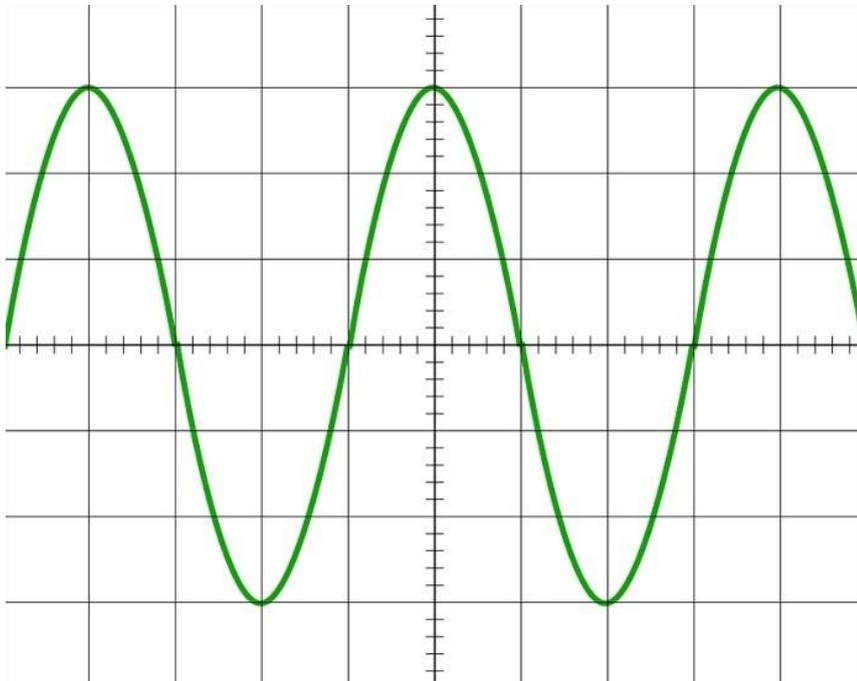
A opção pelo tema QOS em Telefonias IP se tornou uma espécie de um desafio, ou seja, provar primeiramente a mim mesmo, que a telefonia IP que vem para ser o futuro das redes de telecomunicações, é realmente, superior ao já conhecido sistema de telefonia analógica, analisando diversos aspectos, desde a funcionalidade de cada uma, economia que traz, até os problemas que gera para uma manutenção rápida e um suporte eficiente.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Telefonia Analógica

A telefonia analógica utiliza um sinal contínuo que pode variar em função do tempo, este sinal possui valores variando entre 0 e 10, caracterizando-se por passar por todos estes valores, assim, obtendo uma faixa de frequência maior, graficamente representada por uma série de parábolas.

Figura 1 - Representação Gráfica do Sinal Analógico



Fonte: (TECHTUDO apud Wikipedia, 2014)

Para transmitir as chamadas a tecnologia analógica vai depender da rede pública, uma série de fios de cobre e fibras ópticas. Podemos definir a funcionalidade da seguinte maneira:

Quando a pessoa fala ao telefone, o microfone transforma o som da voz em um sinal elétrico, que em seguida sai da base através do fio. A partir daí a forma como o sinal viaja varia. Ele pode permanecer na forma de corrente elétrica e ser enviado através de fios e cabos, ou, na forma de luz, viajar através de filamentos chamados fibras ópticas. O sinal pode ainda ser transformado em ondas de rádio e enviado pelo ar através de antenas e satélites. Quando o sinal chega ao telefone na outra ponta, o alto-falante o transforma de novo no som da voz. (BRITANNICA, 2020)

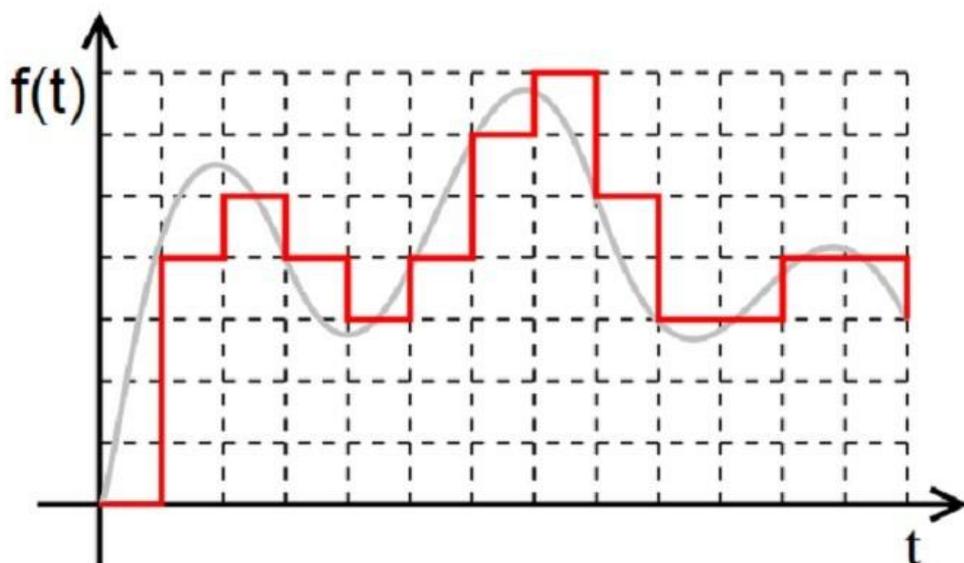
Internamente esta tecnologia utiliza uma Central para a devida comutação, por todos os setores da empresa passarão cabos para conectar as linhas e ramais entre os dispositivos telefônicos, a qualidade de som é excelente, porém, o custo das tarifas é muito alto e isso deu lugar a outro conceito, a telefonia sobre voz por IP ou Voip, onde se utiliza a Internet para efetuar chamadas.

## 2.2 Telefonia IP

Também conhecida como Voip, a tecnologia de telefonia por IP se refere a transmissão de voz através de pacotes de dados nos protocolos de internet. Resumidamente, trata-se de um meio 100% virtual de realizar chamadas telefônicas através da internet. Todo dispositivo conectado à internet possui um IP. O IP é um código numérico que identifica aquele dispositivo na rede, permitindo que ele envie e receba os pacotes que estão endereçados a ele.

O sinal digital apresenta valores com números descontínuos no tempo e na amplitude, assumindo valores mais discretos (0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10), diminuindo assim, a faixa de frequência entre eles e a oscilação conforme representação abaixo:

Figura 2 - Representação Gráfica do Sinal Digital



Fonte: (TECHTUDO apud Wikipedia, 2014)

Através dessa tecnologia podemos utilizar telefonia em qualquer dispositivo conectado na internet: computadores, tablets, notebooks, smartphones ou aparelhos de telefone IP. Resumidamente, podemos exemplificar o seu funcionamento da seguinte maneira:

Para que seja possível realizar uma ligação VoIP através do telefone, é necessário usar um adaptador chamado de ATA (adaptador telefônico analógico), que funciona da seguinte maneira: quando você começa a discar os números, o ATA converte os tons e os armazena temporariamente em forma de dados digitais, estes dados são enviados para central telefônica que verifica se estão em formato válido e determina para onde estes dados devem ser "*traduzidos*", os dados são traduzidos e convertidos para um endereço de IP. Assim os aparelhos, o que está ligando e o que está recebendo a ligação, ficam conectados. Um sinal é enviado para o ATA, do número que receberá a ligação, fazendo assim o aparelho tocar, e quando for atendido e iniciada uma nova sessão entre os telefones. Ao terminar a conversa e desligar o telefone, o ATA fecha a ligação com o telefone, encerrando assim a sessão. (OFICINA DA NET, 2013)

### 2.3 Qualidade de Serviço – QOS

Podemos definir qualidade de serviço como sendo um conjunto de garantias que a rede oferece para o tráfego que está sendo transportado. As garantias de desempenho estão relacionadas a como a entrega do tráfego (pacotes) será feita. Os parâmetros que medem o desempenho são:

- Atraso: Indica quanto tempo o pacote leva para ser enviado da origem até o destino.
- Jitter (variação do atraso): indica que pacotes podem chegar espaçados de forma diferente em relação a como foram transmitidos, podendo, inclusive, chegar fora de ordem.
- Perda de pacotes: indica a porcentagem de pacotes transmitidos que chega ao seu destino.

A principal causa que afeta o desempenho de uma rede é o congestionamento, isto é, quando mais tráfego é injetado na rede do que ela é capaz de suportar, em outras palavras, podemos também dizer que:

Para se ter uma boa qualidade em uma chamada de voz sobre uma rede IP, deve-se garantir a confiabilidade, reduzir ao mínimo o descarte de pacotes de voz (onde a perda e descartes no buffer de compensação de jitter não deve ultrapassar 1% para chamadas de alta qualidade), e reduzir o atraso total e o jitter. O pacote de voz precisa ter o atraso menor e o valor máximo ao concorrer com outros tipos de tráfego na rede, não devendo ser superior a 150ms para chamadas de alta qualidade, embora na prática atrasos de até 200ms são toleráveis. Deve-se ter também a mínima variação no atraso dos pacotes de voz (onde a variação máxima tolerável é entre 20 e 50 ms) que também depende do tamanho dos buffers adaptativos de compensação de jitter e dos outros atrasos que compõe o atraso fim-a-fim. (REIS, 2008, p.30)

Algumas tecnologias de camada de enlace, como o ATM ou o Frame-Relay, já foram concebidas com o intuito de tratar esse problema. Podemos dizer que:

A tecnologia ATM (do inglês, Assynchronous Transfer Mode) transporta dados, voz e vídeo na forma de células de tamanho fixo (53 bytes) através de uma rede formada por comutadores (switches) conectados via enlaces de diferentes velocidades. Esta rede é suportada e controlada por meio de protocolos de sinalização que permitem ao equipamento final requerer uma conexão com as características mais adequadas ao tipo de serviço que se quer fazer uso. Desde a sua concepção, o ATM foi projetado para integrar voz, vídeo e comunicação de dados através de uma rede única. Embora tenha sido pensado como uma técnica de multiplexação e comutação de alta velocidade em redes públicas, nos últimos anos, ele também começou a ser utilizado como uma tecnologia para redes locais e/ou corporativas de velocidade elevada. (JÚNIOR, 2004)

Com a obsolescência gradativa da tecnologia ATM nos últimos anos, várias técnicas foram introduzidas para tratar desses problemas ao nível da camada de rede (IP). Já o Frame Relay opera nas camadas físicas e de link de dados do modelo OSI.

Em Cisco (2007), o Protocolo Frame Relay é um protocolo de WAN de alta capacidade, descrito em uma versão simplificada do X.25. É configurado em roteadores e através destes, podemos dar prioridade a pacotes IP nos tráfegos de voz, fornecendo um esquema de enfileiramento de prioridade máxima em um circuito virtual privado para dados sensíveis a atrasos como tráfego de voz, identificados pelo número das portas RTP (Real-Time-Transport).

Atualmente existem dois tipos de QOS na internet, o Intserv e o Diffserv.

## 2.4 Intserv

O Intserv é um serviço integrado, projetado para garantir a qualidade estabelecida na configuração original entre dois pontos conectados através do sistema onde:

O modelo de Serviços Integrados é baseado na reserva de recurso, ou seja, antes que os dados sejam transmitidos, as aplicações primeiro devem configurar caminhos e reservar recursos, onde o protocolo RSVP é responsável por essa sinalização. O RSVP não é um protocolo de roteamento, e sim trabalhando em conjunto com este. É usado por uma aplicação para requisitar uma qualidade de serviço específica da rede. O protocolo atua tanto em máquinas do usuário quanto em roteadores, responsabilizando-se, nesse caso, a estabelecer e manter as condições para o serviço requisitado. O RSVP negocia a reserva de recursos em um único sentido de cada vez, ou seja, de forma simplex. (REIS,2008, p.30)

Tratando distintamente receptores e transmissores, opera juntamente com a camada de transporte. O RSVP oferece dois tipos de serviço:

- Serviço de carga controlada: uma aplicação que necessite de um serviço de carga controlada para um fluxo com determinadas características espera que a rede se comporte como se estivesse pouco carregada para aquele fluxo. A sessão pode assumir que uma percentagem muito alta de seus pacotes passará com sucesso através do roteador sem ser cortada e com atraso de enfileiramento muito próximo a zero. (REIS,2008, p.31)

Este serviço não fornece garantias quantitativas acerca do desempenho, ele não especifica o que constitui uma percentagem muito alta de pacotes, nem que qualidade de serviço será fornecida por um elemento de rede não sobrecarregado. Por outro lado, também há um serviço que garante uma taxa de transmissão, trata-se do:

- Serviço garantido: esse tipo de serviço não só pede uma largura de banda específica, mas também um atraso de tráfego máximo. Basicamente, uma sessão requisitando serviço garantido está requerendo que os bits em seus pacotes tenham uma taxa de transmissão garantida. Para este tipo de serviço todos os nós intermediários devem implementar os serviços garantidos. No modelo IntServ, os roteadores devem ser capazes de reservar recursos a fim de fornecer QoS especial para fluxo de pacotes específicos do usuário. Neste caso, o estado específico dos fluxos deve ser mantido pelos roteadores. Três componentes implementam este modelo de protocolo de sinalização: rotina de controle de admissão, classificador de pacotes e escalonamento de pacotes. (REIS,2008, p.31)

## 2.5 Diffserv

O DiffServ é um serviço diferenciado sendo uma arquitetura que permite à rede oferecer diferentes níveis de qualidade de serviço tendo como objetivo principal, diminuir a sobrecarga dos roteadores. Levando em consideração o congestionamento do tráfego em reação aos pacotes:

O “Diffserv” define um pequeno grupo de classes de pacotes e cria mecanismos na rede para tratar as diferentes classes de forma diferenciada durante congestionamento. Quando não há congestionamento, todos os pacotes são encaminhados através do modo usual. Os usuários contratam um “Service Level Agreements” (SLAs) dos seus respectivos provedores de serviço (ISPs). Cada SLA define o perfil de serviço que o usuário irá pagar e também espera receber do provedor. Este SLAs e os elementos de policiamento ficam somente nas bordas das redes, ou seja, a complexidade fica somente na borda. (FAVARO, 2001)

Em Lopes (2001) apud Reis (2008), descreve que na abordagem do modelo DiffServ uma porção do tráfego é tratada de forma privilegiada sobre o restante. É oferecida manipulação mais rápida, mais largura de banda na média e menor taxa de perda. Esta é uma preferência estatística, não uma garantia rígida. Com métodos adequados, incluindo a utilização de determinadas políticas nas extremidades da rede, a arquitetura de serviços diferenciados pode prover um tratamento adequado para uma boa gama de aplicações, incluindo aquelas de missão crítica, as que necessitam de baixo atraso, aplicações de telefonia IP. Na maioria das vezes, serviços diferenciados estão associados com a classificação do tráfego. O tráfego é agrupado em um pequeno número de classes e cada classe recebe uma Qualidade de Serviço na rede.

Para cada fluxo de tráfego entrando no domínio pelos nós de borda, a política de QoS define qual terá um serviço diferenciado, como este deverá ser marcado nos nós de borda e como será tratado pelos nós interiores. Estes, por sua vez, examinam a marcação dos pacotes e atuam de acordo com as políticas definidas ou seu perfil de tráfego.

## 2.6 Interligação dos modelos Intserv e Diffserv

Para que possamos combinar os recursos de ambas arquiteturas, uma com superior escalabilidade (DiffServ) e outra com grande capacidade de suporte de QOS (IntServ), nos permite interligar uma a outra:

A interligação dos modelos IntServ e DiffServ tem por principal objetivo o suporte de QoS às aplicações, fim-a-fim, num cenário em que as redes periféricas utilizem IntServ e as redes de core utilizem DiffServ. Neste cenário a escalabilidade do modelo DiffServ ajuda a estender e a generalizar a maior funcionalidade do modelo IntServ. Os domínios DiffServ intermediários neste cenário de interligação são vistos pelos domínios IntServ como ligações virtuais, ou túneis, entre os últimos. No cenário descrito, os sistemas terminais e roteadores que constituem as redes periféricas IntServ sinalizam entre si, de uma forma transparente, os pedidos de reserva de recursos através da rede DiffServ. Nas fronteiras entre os dois domínios as mensagens RSVP são processadas e submetidas a um controle de admissão baseado na disponibilidade dos recursos apropriados dentro da rede DiffServ. (REIS, 2008, p. 45)

## 2.7 VLAN

Uma rede local virtual, normalmente denominada de VLAN, é uma rede logicamente independente. Várias VLANs podem coexistir em um mesmo comutador (switch), de forma a dividir uma rede local em mais de uma rede, criando domínios de broadcast separados.

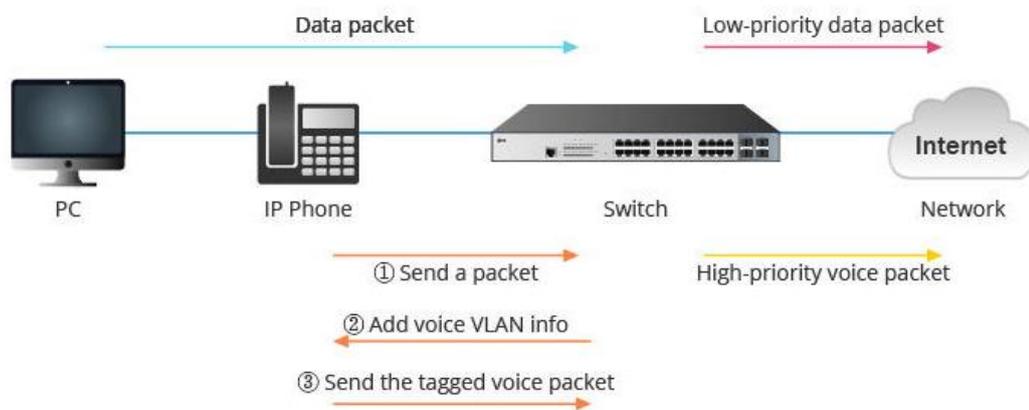
Conforme define Nascimento (2019), a Vlan é um recurso que utilizamos a nível de camada 2 para uma melhor segmentação e segurança da rede. Este recurso é encontrado nos switches gerenciáveis ou switches L3, onde é feita a divisão dos domínios de colisão em suas portas.

As Vlans possibilitam utilizar menos ativos de redes, tais como, switches, roteadores e etc. se pensarmos em uma grande infraestrutura com 1000 computadores por exemplo precisaríamos de 21 switches de 48 portas para atender esta demanda, além disso, teríamos muitos pacotes trafegando na rede gerando os chamados broadcasts, onde o mesmo, percorre cada porta solicitando uma resposta até encontrar seu destinatário utilizados por protocolos, como o DHCP. Ao dividirmos a rede em vários domínios de broadcast, será possível destinar uma subrede virtual para cada setor organizando e administrando melhor a empresa por exemplo.

Para interligar as switches e roteadores, utilizamos um protocolo chamado 802.1Q ou de Trunk (troncos) formando a estrutura principal da rede, assim, através das Tags que são inseridas como marcação (Vlan ID) para identificar os quadros, se consegue trafegar informações de todas as Vlans utilizando apenas um link.

Além destas vantagens de segmentação e economia de equipamentos, como, ativos de rede, as Vlans nos possibilitam aumentar a segurança da infraestrutura, criando regras, permitindo ou bloqueando acessos.

Figura 3 - Representação Gráfica de uma Voice Vlan



Fonte: (FS, 2018)

## 2.8 Protocolo TCP/IP

É um conjunto de protocolos de controle de transmissão, sua sigla TCP (Transmission Control Protocol), atuando na comunicação entre computadores na rede em conjunto com outro protocolo chamado IP (Internet Protocol), ou seja, protocolo de internet. Estes dois protocolos formam um modelo de camadas, cada camada é responsável por determinadas tarefas, se caracterizando por possuir uma entrega garantida de mensagens.

As camadas deste conjunto de protocolos são divididas em 4 partes:

Camada de Aplicação, transporte, rede e interface.

A camada de aplicação é onde as aplicações enviam e recebem dados de outras aplicações através da rede. Nesta camada iremos encontrar outros protocolos como o SMTP que serve para e-mails e o conhecido HTTP que utilizamos para navegar na internet.

A camada de transporte é responsável por organizar os dados enviados pela camada de aplicação, verificando a integridade e dividindo em pacotes.

Na camada de Rede estes dados recebidos, são anexados ao protocolo IP, ou seja, um endereço virtual a serem enviados de remetente a destinatário.

A camada de Interface será o caminho para receber e enviar os dados, agora, organizados em pacotes pela rede que atualmente se utiliza o protocolo Ethernet.

O TCP/IP sucedeu o modelo OSI que mesmo não sendo mais utilizado, podemos observar que na prática ele foi ajustado:

Apesar do modelo OSI ser a referência para as redes e toda sua nomenclatura, a arquitetura TCP/IP é a que foi realmente implementada e está em uso até os dias de hoje tanto nas redes internas (Intranets) como na Internet. A arquitetura TCP/IP é composta por apenas 4 camadas (formando a pilha da estrutura do protocolo), sendo que na prática, as camadas 5, 6, e 7 do modelo OSI foram mescladas para formar a camada de Aplicação do TCP/IP. Já as camadas 3 e 4 do modelo OSI são similares às camadas 2 e 3 do TCP/IP, inclusive a camada de transporte do TCP/IP tem o mesmo nome, porém a camada 3 do modelo OSI (rede) no TCP/IP é chamada de Internet. Por fim, as camadas 1 e 2 do modelo OSI foram mescladas no TCP/IP para formar a camada de acesso aos meios ou acesso à rede. (NASCIMENTO, 2019)

Sendo o principal protocolo para enviar e receber dados, funciona como uma espécie de linguagem para que duas máquinas consigam se comunicar. Em seu funcionamento, para haver uma comunicação, ambas precisam “falar a mesma língua”, fazendo com que as aplicações conversem entre si.

## **2.9 Protocolo UDP**

O protocolo UDP se caracteriza por não possuir uma entrega garantida de mensagens ao contrário do TCP/IP. Apesar de não garantir as entregas, utiliza o envio de datagramas que podem percorrer por um mesmo socket não necessitando que o destinatário esteja conectado a internet, assim, pode enviar diversas mensagens para diferentes servidores ao mesmo tempo, o que o torna muito rápido em termos de telecomunicação, quanto a esta característica pode-se assim dizer que:

Quando o protocolo UDP é acionado, ele simplesmente manda informações a um destinatário, sem se preocupar se elas foram recebidas devidamente — em caso de erros, simplesmente ocorre o envio do próximo pacote programado pelo sistema, e os anteriores não podem ser recuperados. Embora esse método de funcionamento potencialize a ocorrência de erros, ele garante uma comunicação rápida entre dois computadores. Graças às suas características, o protocolo é bastante usado em situações nas quais a correção de erros não é exatamente desejada. Durante a transmissão de um vídeo ao vivo, por exemplo, é mais interessante que uma pessoa perca alguns trechos ou tenha que lidar com distorções de imagem e áudio do que esperar pelo recebimento de um pacote que se perdeu — o que pode acabar com o fator “tempo real”. (GUGELMIN, 2014)

## 2.10 Protocolo SIP

O Protocolo SIP (Session Initiation Protocol) ou Protocolo de iniciação de sessão possui código aberto que pode ser modificado e distribuído por qualquer pessoa, tem a função de viabilizar a comunicação através do Voip (Voz por IP).

Atuante na camada de aplicação, este protocolo pode:

Convidar participantes para iniciar uma sessão ou fazer parte de uma sessão já existente, que pode ter sido criada através de outros protocolos, como o H.323. O protocolo SIP suporta o mapeamento de nomes e serviços de re-direção. Estas facilidades capacitam o usuário a ter uma mobilidade entre terminais na rede. O protocolo SIP é um protocolo simples que possui as mesmas funcionalidades básicas que o protocolo H.323 possui, como a criação de um canal multimídia entre duas ou mais partes. Estas funcionalidades básicas são cinco:

- Localização do Usuário: É a localização do outro participante para o estabelecimento de uma sessão SIP;
- Disponibilidade do Usuário: É a determinação da disponibilidade do outro participante da sessão em se juntar na comunicação; 19
- Capacidades do Usuário: É a determinação dos parâmetros da mídia a ser trocada entre as duas ou mais partes envolvidas na sessão;
- Estabelecimento/Finalização da Sessão: É a capacidade de se estabelecer e finalizar uma sessão através da troca de mensagens SIP;
- Gerenciamento da Sessão: É a capacidade de gerenciar uma sessão estabelecida entre as partes envolvidas. Este gerenciamento é feito através da troca de mensagens entre as partes. (REIS, 2008, p.21)

## 2.11 FRAME RELAY

Além da conectividade WAN de linhas alugadas (ponto-a-ponto), existe outra opção que pode ser categorizada como comutação de pacote. Na sua antecessora, rede ponto-a-ponto, era possível através de um enlace interligar apenas dois sites. Já

no protocolo Frame Relay, através do serviço de comutação de pacotes, através de um único link é possível centralizar a comunicação de diversos roteadores. Desta forma ele acaba sendo muito mais econômico no que diz respeito ao crescimento da rede e favorecendo a comunicação direta entre todos os sites que estiverem conectados. No ponto-a-ponto a operadora examina os quadros enviados pelo roteador, utilizando a comutação de pacotes:

O Frame Relay define o seu próprio cabeçalho e rodapé data-link. Cada cabeçalho Frame Relay armazena um campo de endereço chamado de identificador de conexão datalink (datalink connection identifier, ou DLCI). O switch WAN encaminha o frame baseado no DLCI, enviando o frame através da rede do provedor até que ele chegue ao roteador do site remoto, no outro lado da nuvem do Frame Relay. (Odom, 2008, p.64)

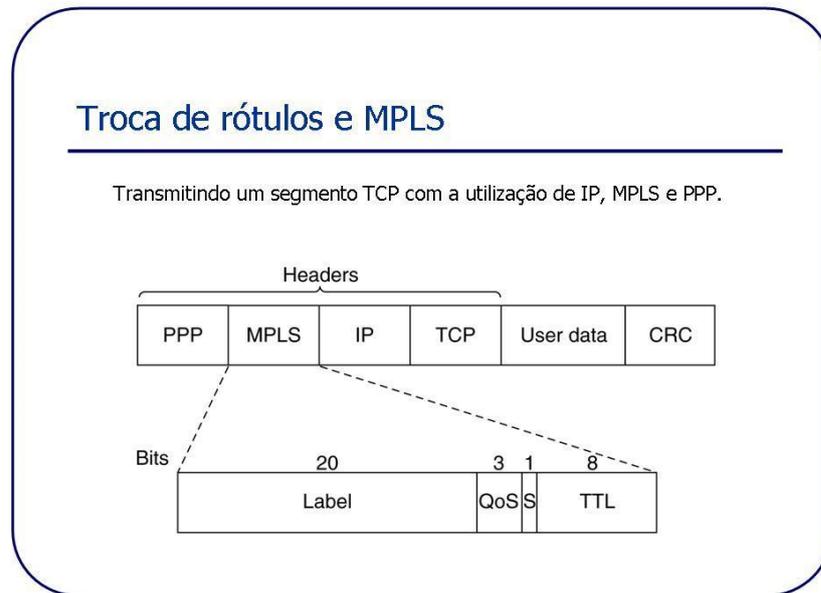
## 2.12 MPLS

MultiProtocol Label Switching (MPLS) é uma tecnologia que está sendo empregada em larga escala pelas provedoras de serviço de Internet. Seu funcionamento baseia-se na inclusão de um rótulo, ao invés de um endereço de destino para mover os pacotes dentro da sua rede. Essa técnica reduz muito o tempo de encaminhamento de pacotes, visto que o rótulo é usado como índice numa tabela interna, que direciona a interface de saída correta. Conforme a definição:

O cabeçalho MPLS genérico tem 4 bytes de extensão e quatro campos. O mais importante é o campo Rótulo, que mantém o índice. O campo QoS indica a classe do serviço. O campo S relaciona-se ao empilhamento de vários rótulos. O campo TTL indica quantas vezes o pacote pode ser encaminhado. (Tanenbaum, 2011, p.295)

Em Tanenbaum (2011), o protocolo MPLS é dito multiprotocolo pelo fato do seu cabeçalho não fazer parte do pacote de camada de rede e também do quadro da camada de enlace de dados. Permitindo que ele encaminhe tanto pacotes IP, quanto pacotes que não sejam IP. Os rótulos são adicionados aos pacotes quando estes alcançam um roteador de borda de rótulo, chamado de Label Edge Router (LER), através desse rótulo que o pacote será encaminhado dentro da rede MPLS.

Figura 4 – Cabeçalho Genérico de MPLS



Fonte: (FAGUNDES, 2020)

### 3 MONITORAMENTO E CONTROLE DE TRÁFEGO

Existem técnicas de controle que monitoram o tráfego na rede a fim de evitar os congestionamentos através do descarte de pacotes. As técnicas mais utilizadas são a RED (Random Early Detection) e WRED (Weighted Random Early Detection).

#### 3.1 RED – Random Early Detection

De acordo com Reis (2008, p.47), quando ocorre um timeout no TCP transmissor, o protocolo reduz o tamanho da janela de transmissão e inicia o processo de partida lenta, onde o tamanho cresce gradativamente à medida que o transmissor vai recebendo reconhecimentos positivos do receptor. Se um pacote de um fluxo é descartado pela rede, ocorrerá um timeout e o procedimento anteriormente descrito têm início.

Com a redução do tamanho da janela de transmissão, teremos também, a redução na taxa de transmissão de pacotes. Se a perda de pacote é resultante do congestionamento no roteador, o transmissor reduz a taxa de transmissão de pacotes, amenizando uma situação de congestionamento. Caso esta situação levar ao descarte de pacotes de diversos fluxos, os transmissores reduzirão suas janelas de transmissão e iniciará um processo de partida lenta, assim, terminando o congestionamento, mas que podem aumentar novamente formando um ciclo que se conhece como Problema de Sincronização Global. Neste momento:

O algoritmo RED tenta evitar esse problema atuando de forma preventiva ao congestionamento, ou seja, o RED tenta evitar que o congestionamento ocorra. No RED, quando uma situação de tendência de congestionamento é detectada (o tamanho da fila ultrapassar um determinado limiar), inicia-se um processo de descarte aleatório de pacotes, onde a probabilidade de descarte é função da taxa de ocupação da fila. Este descarte antecipado irá resultar na diminuição da taxa de chegada de pacotes no roteador, devido ao mecanismo de operação do TCP. (REIS, 2008, p.47)

Lembrando que este algoritmo só funciona adequadamente em conjunto com protocolos de transporte que sejam robustos quanto à perda de pacotes, como TCP, caso contrário, se torna obsoleto.

### 3.2 WRED – Weighted Random Early Detection

Em Reis (2008, p.48), diz que a probabilidade de um pacote entrante ser descartado utilizando o algoritmo WRED é definida pela taxa de ocupação da fila e por um peso associado ao fluxo ao qual o pacote pertence. Os pacotes com maior probabilidade terão menor chances de serem descartados, essa é a função que se busca com o algoritmo WRED.

Estes pacotes a serem descartados serão pacotes de dados, pois estes provavelmente serão descartados primeiro, pois trata-se de dados e a priorização que se busca é a voz:

O uso do algoritmo WRED não resulta na priorização estrita que o tráfego de voz requer. Porém, o WRED pode prover um tratamento preferencial aos pacotes de voz durante situações de congestionamento, minimizando a perda destes pacotes pelo descarte antecipado de pacotes de dados, aos quais se atribui uma maior probabilidade de descarte. Deve-se lembrar que o descarte de um pacote de voz não reduzirá o fluxo de chegada deste tipo de pacote, uma vez que o UDP não reage à perda de pacotes. (REIS, 2008, p.48)

Portanto, um fluxo muito pesado de tráfego de voz pode causar um overflow em uma fila WRED e conseqüentemente uma elevada taxa de perda de pacotes. Ainda, se a probabilidade de descarte, pelo WRED, associada a pacotes de voz não for muito baixa, podemos ter uma taxa de perda de pacotes inaceitável para este tipo de tráfego e a conseqüente perda do nível de QoS.

## 4 METODOLOGIA

Diante do cenário que encontramos, nos ambientes de redes de cada contrato que assumimos para a troca da telefonia, percebemos que as dificuldades eram as mesmas para deixar os serviços funcionando como eram no sistema antigo, sendo assim, por se tratar de uma problemática atual, adotamos o Método Exploratório para a nossa pesquisa, a fim de buscar as soluções necessárias para sanar os problemas.

Variados sintomas de mau funcionamento eram percebidos após a implementação da nova telefonia, então, começava a correria para ajustar um serviço que poderia conter inúmeras possibilidades que justificassem a causa dos sintomas encontrados nas chamadas.

Ao mesmo tempo, surgiam aí, inúmeros questionamentos quanto à eficácia desta nova tecnologia, sabíamos que o custo tinha uma redução significativa para a empresa, sendo menor em relação ao sistema de telefonia analógico, por este motivo principal, se contratava, o problema é que a migração de um sistema para o outro não trazia a mesma qualidade de serviço que o antigo, e como cabia a nós a administração da infraestrutura, ficava por nossa conta fazer com que tudo funcionasse satisfatoriamente, então, tínhamos que buscar uma solução.

Utilizando a fonte de pesquisa primária, tais como, livros, artigos, blogs, sites e trabalhos acadêmicos na internet, encontramos alguns recursos como técnicas de QOS que poderíamos aplicar em nossa rede.

O problema é que esta nova tecnologia em telecomunicações era recente e as empresas não possuíam em suas centrais (CPD - Centros de Processamento de Dados), equipamentos com tecnologia necessária para aplicar estas técnicas de QOS e assim, solucionar os problemas.

Tudo indicava que ainda não estávamos prontos para conseguir uma estabilidade duradoura como tínhamos antes com a telefonia analógica, pois quando se conseguia ajustar internamente, o link oscilava e novamente os usuários sentiam os sintomas, tais como: Picoteamentos, ecos, ruídos e chamadas caindo.

Então, qual melhoria a ser feita na rede para sanar os problemas quanto a qualidade do serviço de telefonia IP?

No decorrer da pesquisa, fomos coletando primeiramente todas as informações necessárias para dar o embasamento teórico de cada elemento participante do cenário a ser estudado, buscando a definição, características e suas funcionalidades,

para depois montarmos uma descrição fundamentada com citações técnicas encontradas nos materiais de pesquisa, como livros, artigos e trabalhos acadêmicos.

Fazendo a aplicação da pesquisa, descobrimos resultados Qualitativos. Verificamos que podíamos utilizar uma Voice Vlan para segmentar a rede, ou seja, criar uma rede virtual só para tráfego de voz da telefonia.

Aplicando os protocolos IntServ e DiffServ poderíamos dar prioridade, separando os pacotes de voz dos pacotes de dados.

Técnicas de QOS utilizando ferramentas para fazer o monitoramento do tráfego como o Wireshark e algoritmos como o RED e o WRED, a fim de prever, evitar e resolver possíveis congestionamentos de pacotes.

## 5 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

A solução que encontramos para resolver os problemas relacionados quanto a qualidade das ligações, foi primeiramente, verificar a qualidade da infraestrutura física da rede, analisando o cabeamento estruturado em todo o ambiente. Após isso, segmentar a rede através dos ativos como os switches, utilizando Vlans para criar o que chamamos de Voice Vlan, ou seja, uma Vlan específica para o tráfego de voz e aplicar protocolos como o Intserv e o Diffserv para dar prioridade no tráfego de pacotes de voz, explica a Cisco que:

A Voz VLAN é usada quando o tráfego do equipamento ou dos telefones de VoIP é atribuído a um VLAN específico. O interruptor pode automaticamente detectar o tráfego de voz, adicionar membros da porta à Voz VLAN, e atribuir os parâmetros respectivos do QoS (Qualidade de Serviço) ao tráfego de voz da Voz VLAN. (CISCO, 2018)

## 6 VALIDAÇÃO

Analisando as características principais de cada tecnologia encontramos pontos que validam nossos projetos quando o assunto é a substituição da telefonia Analógica pela telefonia IP. Abaixo encontramos estas principais diferenças entre ambas. Tecnologia Analógica X Tecnologia IP:

### 6.1 Mobilidade

A Telefonia IP veio para romper as barreiras de espaço, trazendo mobilidade aos ramais, que podem estar em qualquer local onde há rede ethernet, seja cabeada ou wireless. Um ramal já não fica mais restrito ao par metálico, como na telefonia analógica, e deixa de gerar custos de manutenção físicas nos cabos, além disso:

A mobilidade é definida como característica do que é móvel ou do que é capaz de se movimentar. Assim sendo, o transporte de voz por meio da rede de dados (principal característica da telefonia IP) é um exemplo claro de mobilidade. O que antes era tratado como novidade, hoje está tão presente na rotina das pessoas, que mesmo sem saber, estão utilizando a mobilidade da telefonia IP para se comunicar e realizar tarefas que antes não era possível. Como exemplo temos o Whatsapp, aplicativo que utiliza a rede de dados (internet) para compartilhar textos, imagens, vídeos e até mesmo para realizar ligações gratuitas. (SILVA, 2017)

### 6.2 Economia

A economia não se restringe somente à manutenção física, pois a redução de custo com minutagem é de até 70%. Uma das principais diferenças é a tecnologia utilizada para transmitir chamadas telefônicas.

Os telefones analógicos dependem da Rede Telefônica Pública Comutada (PSTN) para transmitir chamadas, ou seja, a rede de fios de cobre e fibra óptica que transportam dados de voz analógicos. Os usuários que utilizam a telefonia analógica podem esperar boa qualidade de som, mas tarifas altas e recursos básicos. Telefones VoIP, por outro lado, usam a internet para enviar e receber chamadas, convertendo voz em pacotes de dados. A eliminação do uso de fios de cobre e trocas Físicas permitiu que os usuários desfrutassem de tarifas de chamada mais baixas com muito mais recursos, com boa qualidade de som, de acordo com a sua internet:

Na verdade, essa é uma das principais razões pelas quais as empresas acabam mudando para esse sistema. E podemos afirmar que as empresas não apenas poupam um *pouco de* dinheiro, elas economizam muito. Por exemplo: Pequenas empresas que mudam para Voip reduzem o custo de suas chamadas locais em até 40%. Essas mesmas pequenas empresas reduzem o custo de suas chamadas internacionais em até 90%. Essa tecnologia pode cortar custos iniciais para um novo negócio em até 90%. (VOIP DO BRASIL, 2017)

### 6.3 Equipamento

Utilizar telefonia tradicional exige que você tenha um aparelho físico conectado à PSTN. Já a telefonia digital é muito mais flexível quando se trata de equipamentos. Além de optar por telefones IP, que são equipamentos físicos que se conectam à internet e possuem diversos recursos avançados, você pode também fazer chamadas VoIP a partir de um computador, utilizando um softphone, software que simula um aparelho telefônico. Conectar um ATA (Adaptador para Telefone Analógico) em seu telefone comum permitirá que ele receba chamadas VoIP, mas com recursos limitados se comparado a um telefone IP.

O PABX há mais de 30 anos é o principal equipamento quando se fala em telefonia, ele atua como uma central telefônica que a partir de uma única linha é possível realizar chamadas simultâneas, nos últimos anos o PABX Analógico tem perdido espaço para o uma nova tecnologia, o PABX Digital.

O PABX Digital une os recursos físicos do analógico com algumas funções que se tornam possíveis somente por causa do adendo da tecnologia. O sistema implantado é de entroncamento digital, que permite a incorporação de um maior número de linhas. Ampliando a quantidade de linhas, aumenta-se o número de ramais, gerando maior economia para o negócio. A tarifação dos serviços é menor do que com o PABX Analógico, sendo centralizada em uma operadora. Seu sistema permite programações avançadas, como limitar duração de chamadas, seleção automática de linhas ou transferência entre ramais. A estrutura digital também pode ser interligada a outros computadores, dispositivos ou mesmo tipos de PABX. O conjunto de recursos proporcionados pelo PABX Digital possibilita melhorar a qualidade do atendimento e ainda contribui para a produtividade da empresa. (LEUCOTRON, 2020)

## 6.4 Recursos

Com um telefone fixo tradicional, os usuários ficam, muitas vezes, presos a um conjunto de recursos limitados. Além de chamadas domésticas e internacionais, os serviços telefônicos tradicionais oferecem recursos como identificação de chamadas, encaminhamento de chamadas, bloqueio de chamadas, chamadas em espera e correio de voz.

Já a telefonia VoIP inclui todas estas características básicas de chamada e mais uma extensa gama de funcionalidades avançadas, como atendedor automático, encaminhamento avançado de chamada, fila de chamadas, videoconferência, integração com aplicativos de negócios, aplicativos para celular, gravação de chamadas e muito mais.

Já podemos dizer que, hoje, a telefonia IP está para a analógica como a internet está para o fax.

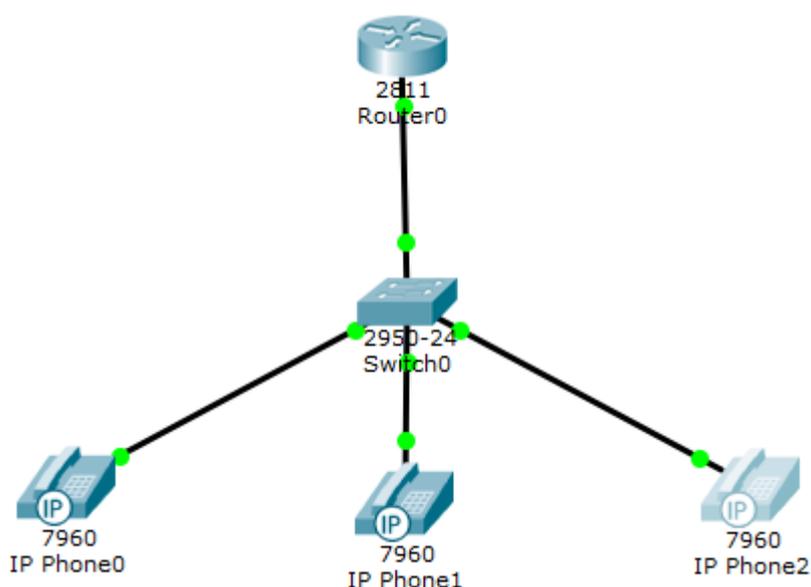
## 7 LABORATÓRIO - QOS EM TELEFONIAS IP EM EQUIPAMENTOS CISCO

Utilizando a ferramenta Packet Tracer da Cisco, reproduzimos um experimento em laboratório de forma virtual, a aplicação de QOS para segmentar o tráfego de voz na rede, usando o serviço Communications Manager Express (CME) que conforme a cisco:

Este laboratório é a base para o aprendizado da Colaboração CCNA. Ele apresenta os conceitos básicos no mundo de Voz sobre IP (VoIP). (CISCO, 2008)

O serviço Communications Manager Express (CME) será configurado no roteador Cisco 2811. O switch Cisco 2950 funcionará como switch de Camada 2. Os telefones IP Cisco 7960 são usados para demonstrar o registro do telefone no CME e recuperar a configuração do número de telefone. Os números dos ramais de telefone serão 1001, 1002 e 1003. Conforme pode observar:

Figura 5 - Laboratório de Telefonia IP do Packet Tracer



Fonte: (Cisco, 2008)

## 7.1 Etapas da Configuração

Seguimos as seguintes etapas para a configuração:

- Etapa 1: Configurar IPs de interface e pool de DHCP no roteador 2811.

```
Router> enable
```

```
Router # configure terminal
```

```
Router (config) #interface FastEthernet0 / 0
```

```
Router (config-if) #ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
```

```
Router (config-if) # duplex full
```

```
Router (config-if) #no shutdown
```

```
Router (config) #ip dhcp excluded-address 192.168.10.1
```

```
Roteador (config) #ip dhcp pool VOICE-POOL
```

```
Roteador (dhcp-config) #network 192.168.10.0 255.255.255.0
```

```
Roteador (dhcp-config) # default-router 192.168.10.1
```

```
Router (dhcp-config) #opção 150 ip 192.168.10.1
```

- Etapa 2: Configurar os serviços de telefonia do Communications Manager Express no roteador 2811. Os telefones IP serão registrados no CME posteriormente.

```
Router (config) # telephony-service
```

```
Router (config-telephony) # max-ephones 5
```

```
Router (config-telephony) # max-dn 5
```

```
Router (config-telephony) #ip source-address 192.168.10.1 port 2000
```

```
Router (config-telephony) #auto assign 1 to 5
```

Agora configuramos os números de ramais de telefone. Embora o laboratório mostre apenas 3 telefones, preparamos 5 para escalabilidade futura.

```
Router (config) # ephone-dn 1
```

```
Router (config-ephone-dn) # number 1001
```

```
Router (config) # ephone-dn 2
Router (config-ephone-dn) # number 1002
Router (config) # ephone-dn 3
Router (config-ephone-dn) # number 1003
Router (config) # ephone-dn 4
Router (config-ephone-dn) # number 1004
Router (config) # ephone-dn 5
Router (config-ephone-dn) # number 1005
```

- Etapa 3: Configurar VLAN de voz no switch 2950.

Configuramos as portas do switch 2950 fa0 / 1-5 para usar a VLAN 1 para transportar tráfego de dados e voz. Visto que a VLAN 1 é a VLAN padrão para tráfego de dados, só precisamos configurar “switchport voice vlan 1” para usar vlan 1 como vlan de voz também.

```
Switch (config) #interface range fa0 / 1 - 5
Switch (config-if-range) #switchport mode access
Switch (config-if-range) #switchport voice vlan 1
```

- Etapa 4:

- Verificação da concessão do DHCP no roteador.

```
Router # show ip dhcp binding
```

- Verificação do registro do telefone no roteador.

```
Router # show ephone
```

## 8 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo o estudo do comportamento do tráfego de voz sobre uma rede IP para implementar recursos de QOS na rede a fim de melhorar a qualidade das chamadas, onde foram analisadas várias técnicas, como implementação de Voice Vlan, protocolos de roteamento, utilização de ferramentas de monitoramento de tráfego e padrões como o IntServ e Diffserv.

Hoje a transmissão de sinais de voz pela Internet é uma realidade, concluindo que o assunto é bastante pertinente no contexto atual, pois a perda de pacotes em redes IP é bastante significativa, o que pode tornar problemática a manutenção de um nível aceitável de qualidade na transmissão de voz pela Internet. Neste estudo, mostrou recursos de QOS para uma melhoria significativa na qualidade de voz que se pode obter nas chamadas VOIP através do emprego dessas técnicas.



## 10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITANNICA, E. Como funciona o telefone tradicional, 2020. **Artigo Telefone site Escola Britannica**. Disponível em:

<<https://escola.britannica.com.br/artigo/telefone/482652>> Acessado em 03 agosto 2020.

CISCO. Frame-Relay, 2007. **Tutorial da Cisco sobre perguntas frequentes**.

Disponível em:<[https://www.cisco.com/c/pt\\_br/support/docs/wan/frame-relay/14168-fr-faq.html](https://www.cisco.com/c/pt_br/support/docs/wan/frame-relay/14168-fr-faq.html)> Acessado em 05 agosto 2020.

CISCO. Configuração de Vlan da Voz, 2018. **Tutorial da Cisco sobre Switches**.

Disponível em:<[https://www.cisco.com/c/pt\\_br/support/docs/smb/switches/cisco-small-business-200-series-smart-switches/smb99-voice-vlan-configuration-on-the-200-300-series-managed-switc.html](https://www.cisco.com/c/pt_br/support/docs/smb/switches/cisco-small-business-200-series-smart-switches/smb99-voice-vlan-configuration-on-the-200-300-series-managed-switc.html)> Acessado em 05 agosto 2020.

CISCO. Voip Implementations, 2008. **Configuração Básica de Telefonia IP..**

Disponível em:

<<https://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=1182471&seqNum=2>> Acessado em 07 dezembro 2020.

COMMUNITY, FS. Voice vlan explained: Basis, Configuration & Faqs. **Artigo sobre voice vlan**.

Disponível em: <<https://community.fs.com/blog/voice-vlan-configuration-guidelines-on-ethernet-switches.html>> Acessado em 02 de dezembro de 2020.

FAGUNDES, E. Cabeçalho Genérico de MPLS. **Artigo Troca de Rótulos e MPLS, 2020**.

Disponível em: <https://efagundes.com/networking/algoritmos-de-rotaemento/troca-de-rotulos-e-mpls>> Acessado em 02 Dezembro 2020.

FAVARO, A. Diffiserv para prover QOS na Internet, 2001. **Citação direta de**

**Mestrado em Telecomunicações da Universidade Federal do Paraná**. Disponível

em:<<http://www.cricte2004.eletrica.ufpr.br/edu/anterior/cd01/trab/diffserv/Diffserv%20-%20Mestrado.htm>>. Acessado em 01 agosto 2020.

GUGELMIN, F. Internet: Qual a diferença entre os protocolos UDP e TCP?, 2014. **Artigo Tecmundo**. Disponível em:<<https://www.tecmundo.com.br/internet/57947-internet-diferenca-entre-protocolos-udp-tcp.htm>> Acessado em 05 agosto 2020.

JUNIOR, A.F. Tecnologia ATM, 1997. **Boletim News Generation Rede Nacional de Ensino e Pesquisa**. Disponível em:<<https://memoria.rnp.br/newsgen/9706/n2-2.html>> Acessado em 03 agosto 2020.

LEUCOTRON. Tipos de PABX: a diferença entre o analógico, digital, IP e híbrido, 2020. **Artigo Leucotron**. Disponível em:<<https://blog.leucotron.com.br/tipos-de-pabx-a-diferenca-entre-o-analogico-digital-ip-e-hibrido/>> Acessado em 05 de agosto 2020.

NASCIMENTO, M.B. O que é Vlan?, 2019. **Artigo Dltec do Brasil**. Disponível em:<<http://www.dltec.com.br/blog/redes/o-que-e-vlan/>> Acessado em 04 agosto 2020.

NASCIMENTO, M.B. Qual a diferença entre Modelo OSI e TCP/IP?, 2019. **Artigo Dltec do Brasil**. Disponível em:< <http://www.dltec.com.br/blog/redes/diferenca-entre-modelo-osi-e-tcp-ip/>> Acessado em 04 agosto 2020.

ODOM, Wendell. CCNA ICND2 – Guia Oficial de Certificação do Exame. 2ª ed. Rio de Janeiro: Alta Books Editora, 2008. 64p.

OFICINA DA NET, O que é Voip?, 2013. **Artigo Tecnologia Voip site Oficina da Net**. Disponível em:<<https://www.oficinadanet.com.br/post/11568-o-que-e-e-como-funciona-o-voip>>. Acessado em 03 agosto 2020.

REIS, S. Qualidade de Serviço em Telefonia IP, 2008. **Monografia Especialização em Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet do Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro**. Disponível em:<<https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/3282/1/SReis.pdf>>. Acessado em 27 julho 2020.

SILVA, L. A. Mobilidade da telefonia IP, 2017. **Artigo Canal Telecom**. Disponível em:<<http://www.canaltelecom.com.br/blog/mobilidade-da-telefonia-ip/>> Acessado em 05 agosto 2020.

TECHTUDO. Sinal Digital ou Analógico? Entenda as diferenças, 2014. **Artigo Techtudo**. Disponível em:  
<<https://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2014/12/sinal-analogico-ou-digital-entenda-tecnologias-e-suas-diferencas.html>> Acessado em 18 de novembro 2020.

TANENBAUM, Andrew S. Redes de Computadores. 5ª ed. São Paulo: Pearson Editora, 2011. 295p.

VOIP DO BRASIL. Estatísticas sobre a tecnologia Voip, 2017. **Artigo Voip do Brasil**. Disponível em:<<https://www.voipdobrasil.com.br/blog/estatisticas-voip-telefonia-ip/#>> Acessado em 05 agosto 2020.