

**Universidade Federal do Rio de Janeiro**

**Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e  
Pesquisas Computacionais**

**Marcos Landeira Coelho**

**VOIP COM ASTERISK:**

**Uma proposta de implantação para  
interligar com as filiais de outros  
estados utilizando SIP**

**Rio de Janeiro**

**2014**

**Marcos Landeira Coelho**

**VOIP COM ASTERISK:**

**Uma proposta de implantação para interligar  
com as filiais de outros estados utilizando SIP**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista em Gerência de Redes de Computadores no Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet do Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais da Universidade Federal do Rio de Janeiro – NCE/UFRJ.

Orientador:

Claudio Micelli de Farias, M.Sc., UFRJ, Brasil

Rio de Janeiro

2014

**Marcos Landeira Coelho**

**VOIP COM ASTERISK:**

**Uma proposta de implantação para interligar  
com as filiais de outros estados utilizando SIP**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista em Gerência de Redes de Computadores no Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet do Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais da Universidade Federal do Rio de Janeiro – NCE/UFRJ.

Aprovada em março de 2014.



---

Claudio Micelli de Farias, M.Sc., UFRJ, Brasil

Dedico este trabalho a todas as pessoas que de alguma forma me ajudaram nesta importante fase de minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais que sempre conduziram meus passos e também aos meus amores Ana Júlia e Ana Claudia.

## **RESUMO**

COELHO, Marcos Landeira. **VOIP COM ASTERISK: uma proposta de implantação para interligar com as filiais de outros estados utilizando SIP.** Monografia (Especialização em Gerência de Redes e Tecnologia Internet). Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

O presente trabalho tem como objetivo a implantação de serviços de Voz sobre IP utilizando Asterisk que irá rodar na plataforma Linux e utilizará SIP como protocolo para interligar as filiais de Belo Horizonte, São Paulo e Brasília com a matriz que fica no Rio de Janeiro. O objetivo final é diminuir custos com telefonia e prestações de serviços de manutenção. Essa nova proposta provocará uma mudança de paradigma na forma de comunicação da empresa e também viabilizará mais investimentos em pesquisa e conhecimento, possibilitando assim, a implantação de novas tecnologias emergentes e inovadoras.

## **ABSTRACT**

COELHO, Marcos Landeira. **VOIP COM ASTERISK: Uma proposta de Implantação para interligar com as filiais de outros estados utilizando SIP.** Monografia (Especialização em Gerência de Redes e Tecnologia Internet). Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

The present work aims at deploying Voice over IP using Asterisk that will run on the Linux platform and uses SIP as a protocol for interconnecting the branches of Belo Horizonte, São Paulo and Brasilia with parent company in Rio de Janeiro. The ultimate goal is to reduce telephony costs and benefits of maintenance services. This new proposal will cause a paradigm shift in the manner in which the company and also will enable more investment in research and knowledge, thus enabling the deployment of new emerging technologies and innovative.

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Comunicação VoIP	18
Figura 2 – Processo de sinalização	26
Figura 3 – Sintaxe de uma Mensagem SIP	27
Figura 4 – Visão Geral do funcionamento do Asterisk	38
Figura 5 – Arquitetura Básica do Asterisk	39
Figura 6 – Exemplos de seção	41
Figura 7 – Exemplos com template	46
Figura 8 – Exemplo de contexto, extensão, prioridade e aplicação	47
Figura 9 – Topologia da Matriz no Rio de Janeiro	49
Figura 10 – Topologia da Filial em São Paulo	50
Figura 11 – Topologia da Filial em Belo Horizonte	50
Figura 12 – Topologia da Filial em Brasília	51
Figura 13 – Adaptador ATA	52
Figura 14 – Telefone IP	52
Figura 15 – <i>Balun</i> Adaptador 75/120 ohms	53
Figura 16 – <i>Softphone</i>	53
Figura 17 – Modem E1	54
Figura 18 – Placa FXO	55
Figura 19 – Placa FXS	55
Figura 20 – Visão Geral dos Equipamentos VoIP	56
Figura 21 – Visão Específica do Hardware VoIP	56
Figura 22 – Entroncamento de servidores Asterisk	58
Figura 23 – Parte de uma tabela de Erlang	65
Figura 24 – Exemplo de estatística de tráfego na matriz no Rio de Janeiro	75
Figura 25 – Exemplo de coleta por dia da semana na matriz no Rio de Janeiro	76
Figura 26 – Tabela de Erlang	80

## **LISTA DE TABELAS**

	Página
Tabela 1 – Principais CODEC'S	35
Tabela 2 – Cálculo da Largura de Banda do Codec G.711	71
Tabela 3 – Resultados Obtidos	82
Tabela 4 – Gastos mensais com Telefonia da Matriz no Rio de Janeiro – Setembro de 2013	83
Tabela 5 – Gastos mensais com Telefonia da Filial em São Paulo – Setembro de 2013	84
Tabela 6 – Gastos mensais com Telefonia da Filial em Minas Gerais – Setembro de 2013	84
Tabela 7 – Gastos mensais com Telefonia da Filial em Brasília – Setembro de 2013	85
Tabela 8 – Gastos mensais da Instituição – Setembro de 2013	85
Tabela 9 – Investimento feito com Infraestrutura	86
Tabela 10 – Economia estimada ao ano	86

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CDR	Call Detail Records
CODEC	Codificador/Decodificador
COS	Class of service
CPU	Unidade Central de Processamento
DAC	Distribuição Automática de Chamadas
DDD	Discagem Direta à Distância
DDI	Discagem Direta Internacional
DIFFSERV	Serviços Diferenciados
DSCP	Differentiated services code point
DSP	Processador de Sinais Digitais
FXO	Foreign Exchange Office
FXS	Foreign Exchange Station
HTTP	HyperText Transfer Protocol
IAX	Inter Asterisk Exchange
IETF	Internet Engineering Task Force
IP	Internet Protocol
KBPS	Kilobit por segundo
MBPS	Megabit por segundo
MGCP	Media Gateway Control Protocol
MOH	Music on Hold
MOS	Mean Option Scores
MP3	MPEG-1/2 Audio Layer 3
MRTG	Multi Router Traffic Grapher
NAT	Network Address Translation
PBX	Private Branch Exchange
PSTN	Public Switched Telephone Network
QoS	Quality of Service
RDF	Resource Description Framework
RFC	Request for Comments
RNP	Rede Nacional de Pesquisa
RTCP	RTP Control Protocol
RTP	Real-Time Transport Protocol
SCTP	Stream Control Transmission Protocol
SDP	Session Description Protocol
SIP	Session Initiation Protocol
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SNMP	Simple Network Management Protocol
TCP	Transmission Control Protocol
UA	User Agent
UAC	User Agent Client
UAS	User Agent Server
UDP	User Datagram Protocol
URL	Uniform Resource Location
VLAN	Virtual Local Area Network
VOIP	Voice Over IP

VPN      Virtual Private Network  
WAVE     Waveform Audio File Format

## SUMÁRIO

	Página
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	14
1.1 OBJETIVOS E MOTIVAÇÃO	15
1.2 ORGANIZAÇÃO	15
<b>2 CONCEITOS BÁSICOS</b>	18
2.1 VOZ SOBRE IP	18
2.2 OS PADRÓES DO VOIP	21
<b>2.2.1 O Session Initiated Protocol (SIP)</b>	21
2.2.1.1 Elementos do SIP	22
2.2.1.2 Funcionamento do SIP	23
2.2.1.3 O Protocolo RTP	28
2.2.1.4 O Protocolo RTCP	29
2.2.1.5 O Protocolo SDP	30
2.2.1.6 O Protocolo SCTP	31
<b>2.2.2 O Inter-Asterisk Exchange – IAX</b>	31
2.3 OS TIPOS DE CODIFICADORES	33
2.4 ASTERISK	35
<b>2.4.1 Funcionalidades do Asterisk</b>	36
<b>2.4.2 Arquitetura do Asterisk</b>	38
<b>2.4.3 Arquivos de configuração do Asterisk</b>	40
<b>2.4.4 Arquivos de Canais de Comunicação SIP e IAX2</b>	42
<b>2.4.5 Plano de Discagem</b>	46
<b>2.4.6 Máscaras de Discagem</b>	47
<b>3 PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO</b>	48
3.1 ESCOPO	48
3.2 ESTRUTURA DA REDE	48
3.3 EQUIPAMENTOS, HARDWARE SOFTWARES VoIP	51
3.4 PERSPECTIVA FUTURA COM A IMPLANTAÇÃO DO SERVIÇO DE VoIP	57
3.5 COMUNICAÇÃO ENTRE A MATRIZ E AS FILIAIS	58
3.6 CODECS UTILIZADOS	59
3.7 IMPLEMENTAÇÃO DOS PROTOCOLOS	59
<b>4 PLANEJAMENTO DE CAPACIDADE DA REDE</b>	60
4.1 PLANEJAMENTO DA CAPACIDADE EM TELEFONIA	62
4.2 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA E COLETA DE TRÁFEGO TELEFÔNICO	67
4.3 CÁLCULO DA HORA DE MAIOR MOVIMENTO	68
4.4 METODOLOGIA ADAPTADA PARA VOIP	69
4.5 O TIPO DE CODEC	70
4.6 AMOSTRAS POR PACOTE	71
4.7 SUPRESSÃO DE SILÊNCIO	72
4.8 COMPRESSÃO DOS CABEÇALHOS	72
4.9 RECURSOS DA REDE	72
4.10 LARGURA DE BANDA	73
4.11 MECANISMOS DE QOS	73
<b>5 ESTUDO DE CASO</b>	75

5.1 REDE DE TELEFONIA	75
5.2 REDE DE DADOS	76
5.3 TRÁFEGO DE REDE	76
5.4 MECANISMOS DE QOS	77
5.5 PLANEJAMENTO DE CAPACIDADE DA REDE	77
5.6 CÁLCULO DA <i>HMM</i>	77
5.7 DEFINIÇÃO DE GOS	79
5.8 APLICAÇÃO DA FÓRMULA DE ERLANG B	79
5.9 O TIPO DE CODEC	80
5.10 O NÚMERO DE AMOSTRAS POR PACOTE	80
5.11 SUPRESSÃO DE SILÊNCIO	81
5.12 CÁLCULO DA LARGURA DE BANDA	81
<b>6 ANÁLISE DO INVESTIMENTO</b>	<b>83</b>
<b>7 CONCLUSÃO</b>	<b>88</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>90</b>

## 1 INTRODUÇÃO

*VoIP* (*Voice over IP* – Voz sobre *IP*), surgiu na década de 90 e tinha por princípio digitalizar a voz comprimindo-a em pacotes para serem transmitidos entre dois computadores através da rede de dados existente [5, 12].

Importantes fatores impulsionaram o crescimento no uso da tecnologia de *VoIP* como: o aumento na qualidade oferecida pelas redes de dados, a possibilidade de aproveitar a estrutura existente na rede de dados para trafegar os pacotes de voz, a expansão das taxas de transmissão dos meios físicos disponíveis, a crescente necessidade de racionalização dos custos com telefonia e o desenvolvimento tecnológico dos equipamentos com o amadurecimento das ferramentas de software existentes [5].

A opção pela implantação do serviço de Voz sobre *IP* (*Internet Protocol*) foi feita objetivando reduzir custos com ligações telefônicas *DDD* (Discagem Direta à Distância), *DDI* (Discagem Direta Internacional), celular e também com o serviço de manutenção de Telefonia na matriz no Rio de Janeiro e nas filiais nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Brasília. Além disso, busca-se obter melhor qualidade e agilidade com os atendimentos técnicos prestados no local, pois, atualmente, isso é feito por uma empresa que tem um contrato para manutenção dos pontos telefônicos e equipamentos *PBX* (*Private Branch Exchange*), num valor considerado caro e desproporcional ao serviço prestado.

Adotou-se o uso do Asterisk como serviço a ser utilizado, pois mantêm as características de uma central telefônica *PBX*, possui código aberto com licença *GPL* – *Gnu Public License*, roda sobre *Linux* e outras plataformas *Unix*, e também por ser uma plataforma estável e com amplo conhecimento difundido na internet.

A proposta final é que depois que todo o serviço de Voz sobre *IP* seja implantado, a matriz no Rio de Janeiro possa se comunicar via *VoIP* com as filiais

em São Paulo, Minas Gerais e Brasília e elas entre si. Essa integração será importante e além de tudo possibilitará melhorar a comunicação interna entre os pontos citados e também o nível de serviço prestado pelo setor de tecnologia.

Até o final do projeto e com toda infraestrutura em funcionamento esperamos uma economia na conta telefônica de no mínimo 100% ao ano em relação aos valores atuais pagos, o que irá representar um importante passo na busca por novos investimentos e serviços com tecnologias futuras.

## 1.1 OBJETIVOS E MOTIVAÇÃO

O objetivo deste trabalho é montar uma proposta que contemple a implantação da tecnologia de Voz sobre *IP* na matriz situada no Rio de Janeiro e nas filiais localizadas nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Brasília, interligando-as e provendo novos serviços à Instituição.

Também existe a expectativa em oferecer aos usuários de telefonia da empresa uma maior qualidade e agilidade na prestação de serviços, para assim, agregar valor ao setor de Tecnologia valorizando os funcionários e permitindo assim maior investimento em conhecimento e pesquisa.

Ao final do projeto, espera-se ter condições de apresentar um documento que apoie toda essa iniciativa de mudança de paradigma na empresa e que ele sirva como base de conhecimento para outras empresas que busquem alcançar o mesmo objetivo utilizando pouco investimento.

## 1.2 ORGANIZAÇÃO

A monografia está organizada em 7 capítulos. O Capítulo 2 fala a respeito de Voz sobre *IP* e seus conceitos, vantagens, padrões, os protocolos e seu funcionamento e os *CODEC's* (Codificadores/Decodificadores) existentes. Também

faz uma abordagem sobre o Asterisk que foi o software escolhido para a implantação do serviço de Voz sobre *IP* onde falou-se sobre suas funcionalidades, arquitetura, características, formas de funcionamento, recursos diferenciados e como será feita a comunicação entre a matriz e filiais

O Capítulo 3 descreve a implementação de *VoIP* mostrando o escopo da infraestrutura existente, alguns equipamentos necessários para o funcionamento da tecnologia, nele foi colocada a topologia de rede existente na empresa tanto na matriz localizada no Rio de Janeiro, quanto nas filiais nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Brasília. Nele, há uma abordagem a respeito da perspectiva futura com a implantação do serviço de *VoIP* confrontando o cenário atual com o cenário que se pretende atingir.

O capítulo 4 busca planejar a capacidade da rede para utilização da tecnologia de *VoIP* analisando o volume de informações passadas pelo *PBX* fazendo uma estimativa de seu tráfego baseada no número de ramais, cálculo da hora em que há maior movimento no uso da telefonia tradicional, o codec sob o ponto de vista do *PBX*, comenta sobre supressão de silêncio, cabeçalhos, recursos da rede, largura da banda e mecanismos de *QoS* (Qualidade de Serviço).

O capítulo 5 dá seguimento ao projeto com o estudo de caso onde todas as estimativas já calculadas e ainda por calcular são agregadas para gerar ao final o valor estimado aproximado de quanto de banda será necessário para utilizar a tecnologia de *VoIP* a princípio na matriz do Rio de Janeiro.

O Capítulo 6 demonstra uma análise de investimento feita, onde foram projetados os valores para aquisição de equipamentos e foram calculados os gastos com telefonia na matriz e nas filiais fornecendo o quanto de economia estima-se obter ao longo de um ano de funcionamento da tecnologia de Voz sobre *IP*.

O Capítulo 7 encerra o projeto com conclusões gerais e a afirmação do objetivo pretendido que é obter diminuir custos com o uso da telefonia, racionalizando os valores às metas financeiras da empresa.

## 2 CONCEITOS BÁSICOS

*VoIP* consiste no fornecimento de serviços de telefonia utilizando a rede *IP* para o estabelecimento de chamadas e comunicação de voz. O objetivo da telefonia em redes *IP* é prover uma forma alternativa aos sistemas tradicionais, mantendo, no mínimo, funcionalidade e qualidade similares aproveitando a sinergia da rede de dados para transportar pacotes de voz [3].

### 2.1 VOZ SOBRE IP

Voz sobre *IP* consiste em transformar sinais analógicos gerados pela Rede de Telefonia Pública em sinais digitais [4,5]. Para fazer a voz trafegar pelas redes de computadores é necessário digitalizá-la, para isso, técnicas de modulação e codificação da voz são usadas, gerando um sinal binário [11].

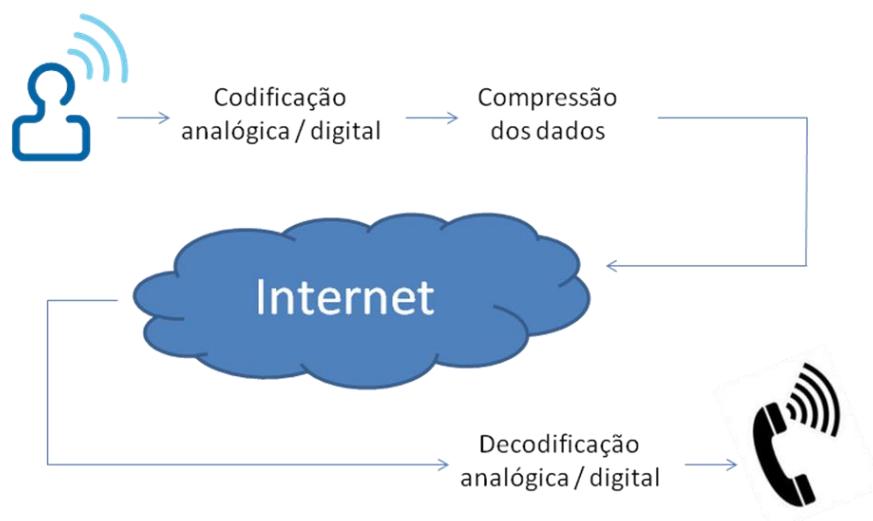


Figura 1 – Comunicação *VoIP* [18].

Para COMER,

A ideia básica por trás da telefonia *IP* é: fazer amostra contínua de áudio, converter cada amostra para forma digital, enviar a cadeia digitalizada

resultante através de uma rede *IP* em pacotes e converter de volta a cadeia digitalizada para a forma auditiva análoga. [38, p 453].

É uma tecnologia que oferece vantagens como:

- possibilitar a diminuição dos custos com ligações telefônicas [2];
- diminuir custos com equipamentos de telefonia utilizando a infra-estrutura de informática existente [4];
- ser tecnicamente viável sua implantação devido a larga utilização do protocolo *IP* [5];
- Integrar voz e dados com novas aplicações [11];
- aproveitar melhor a largura de banda existente na rede [2];
- trazer mobilidade, dando a possibilidade aos usuários de escolher o local mais adequado para operar com o aparelho telefônico [12].

Porém também há alguns fatores preocupantes como:

- a indisponibilidade por falhas em equipamentos [2];
- inoperância da rede e seus serviços [2];
- questões ligadas à segurança dos servidores [4];
- a qualidade de voz e o nível de serviço oferecido [4];

Com a crescente demanda das redes de computadores, houve a preocupação de que os pacotes de voz sofressem algum tipo de variação de atraso e prejudicassem a comunicação. Para isso, foram criados protocolos para garantir que o tráfego de áudio pudesse concorrer com o tráfego de dados existente, provendo informações sobre qualidade, adequando-se aos fluxos e congestionamentos [8].

Além disso ainda existia a preocupação a respeito de como fazer para que o tráfego usado com VoIP interoperasse com as limitações do protocolo *TCP* (*Transmission Control Protocol*) que são [2]:

- transmissão confiável não é apropriada para dados sensíveis a atrasos como áudio e vídeo de tempo real (RFC1889, 1996). O *TCP* tentará sempre reenviar um pacote perdido, causando atrasos e esperas por parte do usuário. No entanto, se mantida dentro de certos limites (até 5% aproximadamente), a perda de pacotes é aceitável e não influiria na inteligibilidade da mídia [11];
- o controle de congestionamento *TCP* diminuirá a janela de congestionamento assim que detectar perda de pacotes, diminuindo o fluxo de pacotes recebidos. Pacotes perdidos causariam graves problemas com áudio e vídeo que necessitam de um fluxo contínuo de dados sendo enviado. Além disso, *TCP* não suporta multidifusão, tornando-o inapropriado para o transporte de multimídia [21];

Desse modo, a melhor opção seria utilizar o *UDP* (*User Datagram Protocol*) como protocolo de transporte e fazer com que a aplicação implementasse aspectos e correções necessários para o tráfego multimídia [5].

Para COMER,

[...] Equipamentos que suportam transmissão de pacotes *IP* (*IP Routers*) custam muito menos do que equipamentos de *switching* de telefone tradicional que suportam conexão orientada à comunicação *isochronous*. Além disso, se dados e voz são transmitidos em datagramas *IP*, são feitas futuras economias, pois essa infraestrutura da rede pode ser compartilhada e

aproveitada, um simples conjunto de equipamentos, fios e conexões de rede suportam todas as aplicações, incluindo chamadas telefônicas [38, p. 435].

## 2.2 OS PADRÕES DO VOIP

Os mecanismos de transmissão das conexões VoIP envolvem diversas sinalizações entre os componentes da conexão até que se estabeleçam os fluxos de mídia, chamados *RTP* (*Real-Time Transport Protocol*), transmitindo o áudio e/ou vídeo da chamada [18].

Há diversos padrões desenvolvidos para o gerenciamento dessa sinalização, dentre eles o *SIP* (*Session Initiation Protocol*) e o *IAX* (*Inter Asterisk Exchange*) que atualmente está em sua segunda versão.

### 2.2.1 O Session Initiated Protocol (SIP)

Definido pelo *IETF* (*Internet Engineering Task Force*) em 1999 na *RFC* (*Request for Comments*) 2543 [25] e descrito em 2002 na *RFC* 3261 [26], o *SIP* é um protocolo de sinalização da camada de aplicação utilizado para iniciar, modificar e terminar sessões interativas de multimídia entre usuários. Ele é o responsável pela conexão, estabelecimento e finalização da comunicação.

*SIP* é um protocolo cliente/servidor e apesar dos sistemas de voz sobre *IP* serem a sua principal área de atuação, também oferece suporte a serviços como conferências, mensagens instantâneas e redirecionamento de chamadas, além de outras funções básicas de chamada como espera, encaminhamento, bloqueio e distribuição.

Segundo KUROSE,

O *SIP* é um protocolo simples que provê mecanismos para estabelecer chamadas entre dois interlocutores em uma rede *IP*. Permite que quem

chama avise ao que é chamado que quer iniciar uma chamada [...]. Provê mecanismos para gerenciamento de chamadas, tais como adicionar novas correntes de mídia, mudar a codificação, convidar outros participantes, tudo durante a chamada e ainda transferir e segurar chamadas. [35, p. 471 e 472]

### 2.2.1.1 Elementos do SIP

Para a especificação do SIP, são definidos os componentes da arquitetura de sinalizações como clientes e servidores[33].

Um cliente é qualquer elemento de rede, como um computador com um microfone ou um *SIP Phone*, que envia requisições SIP (*SIP requests*) e recebe respostas SIP (*SIP responses*). Um servidor é um elemento de rede que recebe requisições e envia respostas, podendo aceitar, rejeitar ou redirecionar as requisições. Eles formam as entidades lógicas e comprovam que SIP é um protocolo cliente-servidor [34].

SIP possui alguns elementos lógicos que formam a sua:

- *UAC (User Agent Client)*: é o cliente que inicia a sinalização fim a fim [2];
- *UAS (User Agent Server)*: é o Servidor que responde ao *UAC* [2];
- *UA (User Agent)*: clientes SIP (*UAC* e *UAS*) [2];
- *SIP Register*: manipula as mensagens de localização de registro, registram a localização de um *UA* que efetuou o *logon*. Ele obtém o endereço e o associa ao username no sistema. Esse procedimento cria um diretório de todos os *UAS* logados e onde estão localizados. Quando do estabelecimento de uma sessão com um dos usuários logados, as informações são solicitadas ao servidor Registrar [2];

- Servidor *Proxy*: encaminha pedidos de conexão e resposta de/para um *UA*. Redirecionam requisições em nome de outros servidores. Se um servidor *SIP* recebe uma requisição de um cliente, ele encaminha essa requisição para outro servidor *SIP* na rede. Quando funcionando como servidor *Proxy*, o servidor *SIP* pode prover funcionalidades, como controle de acesso à rede, segurança, autenticação e autorização [23];
- Servidor de Redirecionamento: recebe pedidos de conexão e retorna os dados do destino solicitado ou encaminha para outro servidor. Usados pelos servidores *SIP* para redirecionar clientes para outros *UA*. Se um *UA* faz uma requisição, o servidor *Redirect* responde com o endereço *IP* do *UA* que estiver sendo contatado pela requisição feita. A diferença entre um servidor *Proxy* e um *Redirect* é que o primeiro reencaminha a requisição, ao passo que o segundo responde a uma requisição feita informando que o *UA* deve ser contatado diretamente [23];
- Servidor de Localização: base de dados dos usuários [2].

#### 2.2.1.2 Funcionamento do SIP

O *SIP* é bastante semelhante aos protocolos *HTTP (HyperText Transfer Protocol)* (RFC2616, 1999) e *SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)* (RFC2821, 2001), em que todas as mensagens são trocadas em formato texto. Todo o processo de sinalização é feito pela porta *UDP* 5060, e o *RTP*, ou seja, a mídia, por padrão no Asterisk, trabalha na faixa de portas, também *UDP*, de 10000 a 20000 [2].

A troca informações entre os clientes e servidores é feita por meio de requisições e respostas a essas requisições. Quando uma requisição é feita, existe uma série de possíveis comandos de sinalização que podem ser usados:

- *REGISTER*: usado quando um *UA* fica on-line e registra seu endereço *S/P* e *IP* com o servidor Registrar [3];
- *INVITE*: usado para convidar outro *UA* para comunicação e então estabelecer uma sessão *S/P* entre ambos [3];
- *ACK*: aceita uma sessão e confirma a troca confiável de mensagens [32];
- *OPTIONS*: obtém informações sobre as funcionalidades/capacidades de outro *UA* para que a sessão possa ser estabelecida entre ambos. A sessão é automaticamente estabelecida quando o *UA* responde a uma requisição *OPTIONS* [32];
- *SUBSCRIBE*: solicita autorização de informações sobre o status de outro *UA*. Usado para saber se um *UA* está *on-line*, *busy*, *off-line* e assim por diante [32];
- *NOTIFY*: envia informações sobre o status de um *UA*. Semelhante ao *SUBSCRIBE* [32];
- *CANCEL*: cancela uma requisição pendente, mas não encerra a sessão [32];
- *BYE*: encerra a sessão. Qualquer um dos *UA* participantes da sessão pode enviar um comando *BYE*, visando a encerrá-la [32].

Para cada requisição feita para um servidor *S/P* ou outro *UA*, existe uma série de possíveis respostas, as quais estão agrupadas em seis diferentes categorias [2]:

- 1xx - Informativas: indica que uma requisição foi recebida corretamente e a entidade a quem ela se destinou está dando continuidade ao processo [2];
- 2xx – Sucesso: significa que a ação foi corretamente recebida, entendida e aceita [2];
- 3xx – Redirecionamento: informam que alguma ação deve ser tomada para que a chamada seja completada. Geralmente essas mensagens indicam que o usuário destino não se encontra na localização informada, retornando para o usuário origem a sua atual localização, para que uma nova mensagem *INVITE* seja enviada [2];
- 4xx – Erro do usuário: indicam que a mensagem contém erros de sintaxe ou não pode ser tratada no servidor solicitado. Essas respostas podem ainda ser uma forma dos servidores *Proxy* informarem que os agentes usuários devem ser autorizados antes de processar suas informações [2];
- 5xx – Erro do Servidor: indicam que o servidor falhou em processar uma requisição aparentemente válida ou que a mensagem de requisição é desconhecida ou não suportada [2];
- 6xx – Falha Global: indicam que a requisição não pode ser atendida por nenhum servidor do sistema [2].

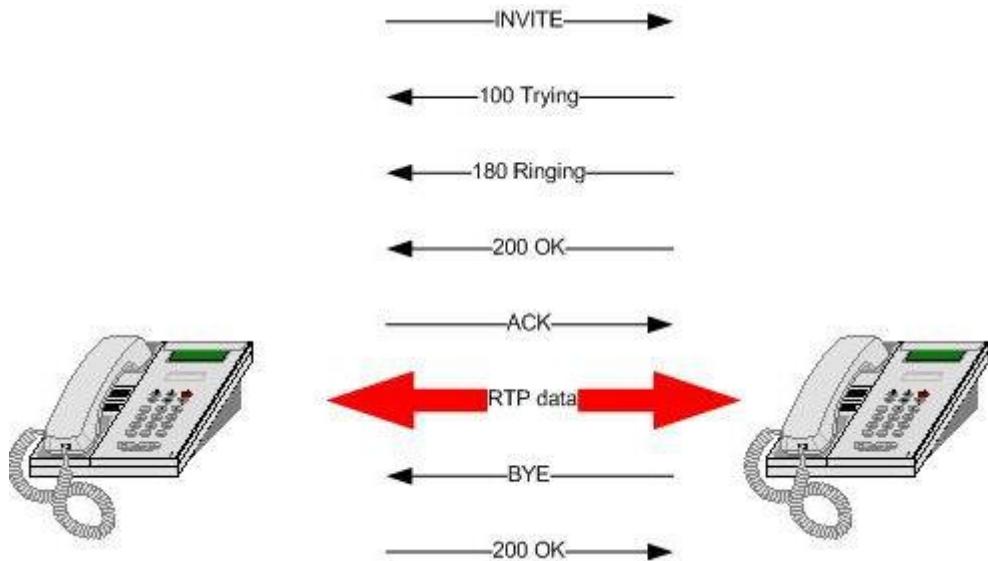


Figura 2 - Processo de sinalização [23].

A figura acima mostra uma sessão de chamada SIP entre dois telefones o qual o aparelho telefônico que realiza a chamada envia um convite, o aparelho telefônico que recebe a chamada envia de volta uma resposta de informação 100 – Tentando -, quando o telefone que recebe a chamada começa a tocar a chamada 180 – Chamando – é enviada de volta, quando quem chama atende, o telefone chamado envia uma resposta 200 – Ok -, o telefone que realiza a chamada responde com ACK confirmindo o convite, a conversação é transmitida como dados via RTP, quando quem chama desliga, a requisição BYE – tchau - é enviada ao telefone chamado e o telefone chamado responde com uma resposta 200 – Ok [23].

Há também as mensagens SIP, onde a operação é baseada na troca de mensagens textuais de solicitação e resposta (*request-response*) de forma análoga à do protocolo HTTP [5]. Mensagens SIP podem ser solicitações de um cliente a um servidor ou respostas de um servidor para um cliente. Cada mensagem contém uma linha inicial seguida por zero ou mais cabeçalhos opcionalmente seguidos pelo corpo da mensagem, separado dos dois primeiros por uma linha em branco [2].

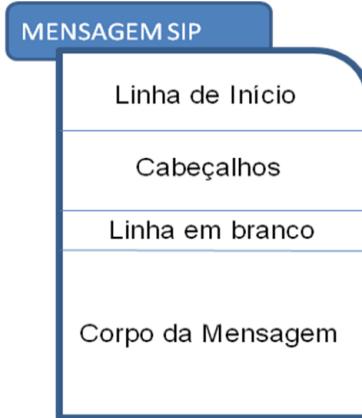


Figura 3 – Sintaxe de uma Mensagem *SIP*. Fonte: *VoIP Conceitos e Aplicações* [2].

O corpo da mensagem descreve o tipo de sessão a ser estabelecida ou uma descrição dos tipos de mídia e *codecs* que serão utilizados durante a sessão, são eles:

- *From*: indica o usuário origem [23];
- *To*: indica o usuário destino [23];
- *Subject*: indica o assunto da chamada [23];
- *Call-ID*: identifica univocamente a chamada [23];
- *Cseq*: indica o número de sequência de uma solicitação [23];
- *Contact*: lista os endereços onde o usuário pode ser contactado [23];
- *Content length*: indica quantos bytes há no corpo da mensagem [23];
- *Content type*: indica o tipo de informação contido na mensagem [23];
- *Require*: indica o protocolo a ser negociado e utilizado como extensão do *SIP* [23];
- *Via*: indica o caminho percorrido pela mensagem [23].

Como o *SIP* não define a estrutura ou conteúdo do corpo de mensagem [7], tal função é realizada tipicamente através de outro protocolo, o *SDP* (*Session Description Protocol*) que é utilizado para estabelecer a descrição das informações

necessárias para a transmissão de mídia através da rede. Ele provê informações sobre qual tipo de mídia deve ser usado pelo *UA*, além de outras necessárias para configurar a transferência dos dados da sessão como nome e propósito, tempo de atividade, descrição da mídia trocada e informações de conexão como, dentre outras, endereços e números de telefone [2].

Após o estabelecimento da sessão, outro protocolo entra em ação, para então transportar a mídia através da rede, que é o *RTP*, onde pacotes enviados informam como os dados devem ser reconstruídos na sua recepção, além de informar o tipo de Codec (Codificador/Decodificador) utilizado. Apesar de o *RTP* utilizar *UDP*, que não garante confiabilidade na entrega dos dados, o *RTP*, por meio do protocolo *RTCP* (*RTP Control Protocol*), possibilita o monitoramento da entrega dos dados enviados entre os participantes. Isso permite ao *UA* que recebe os pacotes detectar se houve ou não perda e compensar qualquer atraso que possa ter ocorrido no transporte da mídia dentro da rede [20].

#### 2.2.1.3 O Protocolo *RTP*

Descrito na *RFC 1889* [18], o *RTP* foi criado para oferecer serviço de entrega fim-a-fim entre dados de tempo real, tais como áudio e vídeo. A função básica do *RTP* é multiplexar diversos fluxos de dados de tempo real em um único fluxo de pacotes *UDP* (*User Datagram Protocol*), proporcionando serviços de identificação de conteúdo, numeração de sequência, monitoramento de entrega e timbre de hora. O *RTP* deve agir como uma interface simples e escalável entre as aplicações de tempo real e os protocolos da camada de transporte existentes [10, 11].

O *RTP* é por definição inserido na camada de aplicação, porém, é protocolo fim-a-fim, com a função de agregar funcionalidades que permitam que os protocolos de transporte consigam transportar dados em um ambiente de tempo real (camada de transporte), ou seja, é um protocolo de transporte implementado na camada de aplicação [20].

Foi desenvolvido para operar no ambiente das redes IP onde atrasos variáveis e desordenação na entrega dos pacotes são esperados sem que se tenha certeza absoluta de que um pacote chegará a seu destino, o que este protocolo faz é proporcionar meios para que as camadas superiores identifiquem os problemas na transmissão e tomem providências para que o fluxo de dados possa ser reconstruído da melhor forma possível [20].

De acordo com KUROSE,

O *RTP* roda comumente sobre o *UDP*. O lado remetente encapsula uma porção de mídia dentro de um pacote *RTP*, em seguida, encapsula um pacote em um segmento *UDP*, e então passa o segmento para o *IP*. O lado receptor extrai o pacote *RTP* do segmento *UDP*, em seguida extrai a porção de mídia do pacote *RTP* e então passa a porção para o transdutor para codificação e apresentação [35, p. 465].

#### 2.2.1.4 O PROTOCOLO *RTCP*

A principal função do *RTP* é informar sobre a qualidade da comunicação, permitindo a realização de codificação para adaptar os controles de fluxo e congestionamento, controlando a taxa de transmissão dos participantes de modo a tornar o sistema altamente escalável [2].

Possui um protocolo de controle próprio, chamado *RTCP*, que cuida

da sincronização, feedback e interface com o usuário. É definido na *RFC 1889* [19].

Um canal *RTCP* é aberto sempre que se abre um canal *RTP* sendo que o *RTP* utiliza porta par e o *RTCP* utiliza a porta ímpar imediatamente superior à alocada para o *RTP*. Geralmente são usadas as portas 5004 para o *RTP* e 5005 para o *RTCP* [2].

De acordo com COLCHER,

Esse protocolo é baseado na transmissão periódica de pacotes de controle para todos os participantes de uma sessão *RTP* – um conjunto de transmissores e receptores que trocam entre si fluxos de dados relacionado a uma aplicação ou serviço específico. O *RTCP* utiliza o mesmo mecanismo de distribuição definido para os pacotes que compõe os fluxos de dados das aplicações. Ambos os protocolos, *RTP* e *RTCP*, constituem-se em elementos centrais da maioria (se não todas) das arquiteturas e serviços do VoIP [33, p. 140].

#### 2.2.1.5 O Protocolo SDP

Para garantir o processo de negociação das mídias a serem trocadas numa sessão, o *SIP* encapsula outro protocolo, normalmente o *SDP*. Definido inicialmente na *RFC 2327* [29] e incorporou novas definições na *RFC 4566* [30].

A arquitetura do *SIP* faz uso do *SDP* que é uma ferramenta de conferência multicast via *IP* desenvolvida para descrever sessões de áudio, vídeo e multimídia. A descrição da sessão pode ser usada para negociar uma aceitação de um conjunto de tipos de mídias compatíveis. O *SDP* também contém informações necessárias sobre a própria sessão como CODECS envolvidos, endereços de transporte e portas. Podem conter outras informações sobre a sessão, como horário em que ela começou, quem originou, assunto e *URL* (*Uniform Resource Location*) contendo maiores informações sobre ela [10].

#### 2.2.1.6 O Protocolo SCTP

O *SCTP (Stream Control Transmission Protocol)* é um novo protocolo da camada de transporte definido na *RFC 2960* [27], desenvolvido para superar as limitações impostas pelo *TCP* no transporte de mensagens de sinalização nos sistemas de telefonia *IP*. O *SCTP* provê todas as funcionalidades do *TCP* adicionadas à capacidade de dar suporte a múltiplos fluxos de dados independentes e de múltiplos caminhos entre usuários, proporcionando os seguintes serviços [4]:

- Entrega dos dados com confirmação, livre de erros ou duplicações [4];
- Fragmentação dos dados de acordo com o tamanho máximo de unidade de transmissão do caminho escolhido [4];
- Entrega seqüencial das mensagens em múltiplos fluxos com a opção de entrega dos dados por ordem de chegada [4];
- Inclusão opcional de múltiplas mensagens num único pacote *SMTP* [4];
- Tolerância a falhas em nível de rede através de esquema de múltiplos caminhos [4];
- Suporte à retransmissão seletiva de pacotes [4].

#### 2.2.2 O Inter-Asterisk Exchange - IAX

Foi criado com o objetivo de permitir a comunicação entre servidores Asterisk. Em 2009, a *IETF (Internet Engineering Task Force)* finalmente publicou a *RDF (Resource Description Framework)* para a padronização e homologação do *IAX2 (Inter Asterisk Exchange)*, que é a *RFC 5456* [3].

É um protocolo *VoIP* “tudo em um”, já que transporta tanto a sinalização quanto a mídia em uma única porta *UDP/IP*, a 4569, o que faz com que sua configuração seja muito mais simples do que em outros protocolos, como *SIP*, H.323

e MGCP (*Media Gateway Control Protocol*), especialmente quando a comunicação envolve NAT (*Network Address Translate*) e/ou firewalls. De fato, o IAX2 não apresenta qualquer dificuldade para a sinalização e o transporte da mídia entre os pontos da conexão, ou uso de qualquer outro protocolo para resolver tais dificuldades [3].

O IAX2 provê uma operação transparente com firewalls, NAT e PAT (IP mascarado) e suporta alocação, recebimento, transferência e registro de chamadas. Outra característica é o suporte à internacionalização. Esta funcionalidade permite que um PBX (*Private Branch Exchange*) ou telefone receba conteúdo em seu idioma nativo caso os idiomas do emissor e receptor sejam diferentes [6].

Este protocolo também suporta autenticação na geração e no recebimento de chamadas e proporciona um poderoso controle sobre os níveis de acesso de cada usuário. Os limites podem ser impostos desde a um único usuário até determinadas porções do plano de discagem.

Divide-se em cliente e servidor. A troca de mensagens é em formato binário. As mensagens são classificadas como frames. Ele se utiliza dos chamados *full frames*, para transmissão de dados de sinalização, ou seja, a chamada telefônica é estabelecida, monitorada e encerrada com a troca de *full frames*, que são enviados de tempos em tempos. Já os chamados mini frames são responsáveis pela transmissão dos dados de mídia (voz) [14].

O tráfego de informação do protocolo IAX2 também pode ser feito em modo *trunk*, de tal maneira que várias chamadas possam ser agrupadas em um único conjunto de pacotes, com um único cabeçalho IP, economizando os recursos de rede, diminuindo o atraso dos pacotes de voz [6].

Em razão de possuir recursos de multiplexação de dados de mídia e sinalização através do mesmo canal, evita problemas relacionados ao *NAT*. Ele também proporciona a simplificação das configurações de firewall. O *IAX* surgiu para resolver o problema de um *PBX IP* em se comunicar com uma rede IP externa que tenha o sistema de *NAT*.

O *RTP* tem uma limitação de funcionalidade quando uma rede IP tem um sistema de tradução de endereços de Rede onde o *RTP* da origem escolhe dinamicamente uma porta para a transferência de dados a qual é armazenada na tabela *NAT*, porém quando o destino tenta se comunicar, a porta utilizada na transmissão pode não estar mais na tabela *NAT* o que interrompe a comunicação [6].

### 2.3 OS TIPOS DE CODIFICADORES

Em *VoIP*, os fluxos de áudio e vídeo são transportados em pacotes de bytes através de uma rede *IP*. Como qualquer outro canal de comunicação, a rede possui uma capacidade limitada de transportar informação.

Os *codec's* são sistemas que permitem representar sinais de voz (ou vídeo) de forma eficiente através de um número mínimo de bits, reduzindo a largura de banda necessária para sua transmissão e a quantidade de memória necessária para seu armazenamento [5].

Dependendo da relação entre o nível de degradação considerado aceitável e da taxa de compressão desejada, o *codec* pode extrair do sinal apenas informações inúteis, redundantes ou previsíveis (codificação sem perdas) ou mesmo eliminar aquelas que não são suficientemente relevantes e podem ser simplesmente desprezadas (codificação com perdas) [16].

Ao utilizar VoIP, deve haver a escolha sobre qual *codec* utilizar na comunicação. Essa escolha deve ter como base algumas premissas do seu ambiente como tamanho da banda disponível, capacidade de processamento necessária para realizar a digitalização da voz, quantidade de chamadas simultâneas a ser executada, dentre outras.

Os *codec's* possuem características que influenciam diretamente na qualidade do áudio da chamada. As principais são:

- Taxa de *bits* (*Codec Bit Rate*): em *kbps*, é a quantidade de bits por segundo que precisa ser transmitida para entregar um pacote de voz [6];
- Intervalo de amostra (*Codec Sample Interval*): em milissegundos, esse é o intervalo de amostra em que o *CODEC* opera [6];
- Tamanho de amostra (*Codec Sample Size*): em bytes, a quantidade de bytes capturada em cada intervalo de amostra [6];
- Tamanho de *Payload* de Voz (*Voice Payload Size*): em bytes/milissegundos, representa a quantidade de bytes (ou bits) preenchida em um pacote de dados. O tamanho do *payload* de cada pacote influencia diretamente o tamanho de banda a ser utilizado e o *delay* da conversa, ou *lag*. Quanto maior o *payload*, proporcionalmente menor a quantidade de pacotes a ser transmitida, mas, consequentemente, maior é a quantidade de áudio necessária para compor cada pacote, exigindo menor largura de banda nominal. Entretanto, ao utilizar valores de *payload* maiores, automaticamente aumenta-se o que é chamado de *lag*, pois, quanto maior o pacote,

maior o tempo para ele chegar ao seu destino e ser decodificado. A maioria dos *Codecs* utiliza valores de *payload* entre 10 e 40ms [6];

- *MOS (Mean Opinion Score)*: o método mais usado para avaliação da qualidade da voz baseia-se na análise subjetiva de um conjunto de avaliadores que atribuem uma pontuação entre 1 (pobre) e 5 (excelente) à qualidade da fala ouvida. A média desses valores representa um índice de referência para a avaliação da qualidade da fala [6];

Tabela 1. Principais CODEC'S [2]

Codec	Banda	Payload (ms)	Banda Nominal (ms)	Qualidade da Voz (MOS)	Comentários
G.711	64	20	87.2	Excelente	Baixa utilização de CPU
G.729a	8	20	31.2	Boa	Excelente utilização de banda e qualidade de voz
G.723.1	5,3/6,3	30/30	20.8/21.9	Boa	Exige muito poder de processamento

## 2.4 ASTERISK

Desenvolvido inicialmente pela *Digium*, o software Asterisk tem código aberto e possui a licença do tipo *GPL – Gnu Public License*. Roda sobre *Linux* e outras plataformas *Unix* mantendo as características de uma central telefônica.

#### 2.4.1 Funcionalidades do Asterisk

O Asterisk é um software *PBX-IP* com diversas funcionalidades, o qual permite a adição de vários componentes de telefonia, tanto de hardware, com a inserção de placas físicas, quanto de software, com a instalação de módulos adicionais na aplicação, tudo com a finalidade de dar ao usuário a condição de modelar o serviço forma que preferir [20, 22]:

- *Gateway VoIP*: conecta terminais telefônicos comuns, codifica os sinais de voz recebidos desses terminais para empacotá-los em *frames IP* e transmiti-los pela rede de dados (e vice-versa) [5, 7];
- *Gateway de mídia*: entre a rede *IP* e a *RTCP*, traduz protocolos de sinalização e *codec's*, transmitindo fluxos de áudio entre a rede *IP* e a central telefônica, efetuando codificação e decodificação da voz e transcodificação entre outros formatos digitais diferentes [5, 7];
- *Gateway de sinalização*: controlando os pedidos de chamada entre a rede *IP* e a central telefônica e efetuando a conversão de mensagens ou tons entre a rede *IP* e a central telefônica [5, 7];
- Servidor *URA* (Unidade de Resposta Audível): toca mensagens pré-programadas (gravadas) para prover maior interação com os usuários [15, 31];
- Discador automático: visa dar maior agilidade ao processo de discagem feita pelos usuários [5, 7];
- Correio de Voz: semelhante a uma secretaria eletrônica ou caixa de mensagem do celular [5, 7];

- Sistema de mensagens unificadas: todas as mensagens de um mesmo usuário são direcionadas para um mesmo local, como uma caixa de mensagens [5, 7];
- Distribuidor automático de chamadas: redireciona as chamadas para outro ramal no caso de indisponibilidade [5, 7];
- Filas de Atendimento: caso haja ligações simultâneas para um mesmo número [5, 7];
- Registro detalhado de chamadas: para integração com sistemas de tarifação [5, 7];
- Servidor de música em espera: vários formatos de arquivo, para clientes esperando na fila, podem ser reproduzidos pelo Asterisk como *WAVE (Waveform Audio File Format)*, *MP3 (MPEG-1/2 Audio Layer 3)* dentre outros [5, 7];
- Servidor de Conferência: para que várias pessoas possam falar umas com as outras simultaneamente [5, 7];
- Identificador de chamadas: permite saber quem está ligando antes de atender ao telefone [5, 7];
- Chamada em espera: gera um aviso, no caso de estar utilizando o telefone quando outra chamada for recebida, perguntando de deseja atender a segunda ligação colocando a primeira em espera [5, 7];
- Não perturbe: todas as ligações são direcionais para sua Secretária Eletrônica de voz não permitindo que o telefone toque [5, 7];
- Bloqueio de Ligações: executa o bloqueio para algumas chamadas efetuadas, como internacionais ou celulares dependendo do caso [5,7];

- Secretaria eletrônica: possibilita escutar as mensagens de seu correio de voz, podendo também salvá-las ou deletá-las [5, 7];

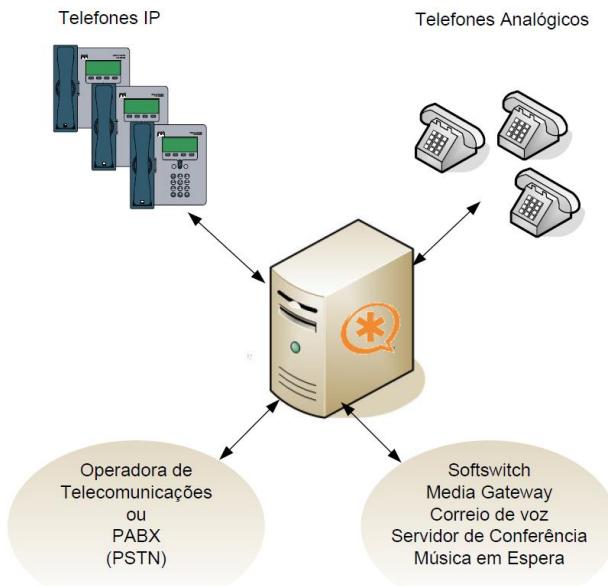


Figura 4 – Visão Geral do funcionamento do Asterisk [41].

#### 2.4.2 Arquitetura do Asterisk

O Asterisk possui uma arquitetura que pode interoperar com ambientes mistos de telefonia de tal forma que seja possível manter a comunicação entre equipamentos *PBX* antigos e novos. Os componentes básicos da arquitetura do Asterisk são [3]:

- Canais: são equivalentes à linha telefônica do sistema comutado na forma de um circuito digital de voz. Um canal pode ser uma conexão a um telefone analógico tradicional, ou a uma linha telefônica *PSTN*, ou uma chamada lógica como uma chamada via Internet, não havendo distinção entre elas. Cada chamada é originada ou recebida em um canal distinto [7, 14];

- CODEC's: são responsáveis pela conversão da voz analógica para sinal digital e seu transporte pela rede, a quantidade de chamadas depende do codec implementado. O Asterisk possui também um transcodificador que é o mecanismo que viabiliza a comunicação entre diferentes codec's fazendo a troca entre eles, ou seja, compatibiliza elementos que porventura trabalhem com diferentes taxas de compressão de dados [7, 14];
- Protocolos: utilizam alguns como, por exemplo, o SIP que é responsável pela sinalização das chamadas, estabelecendo sessões entre os terminais e o que RTP que é encarregado do transporte de dados em tempo real efetuando entrega fim-a-fim [7, 14];
- Aplicações: são as funcionalidades encontradas no Asterisk, como servidor URA, correio de voz e conferências [15, 31].

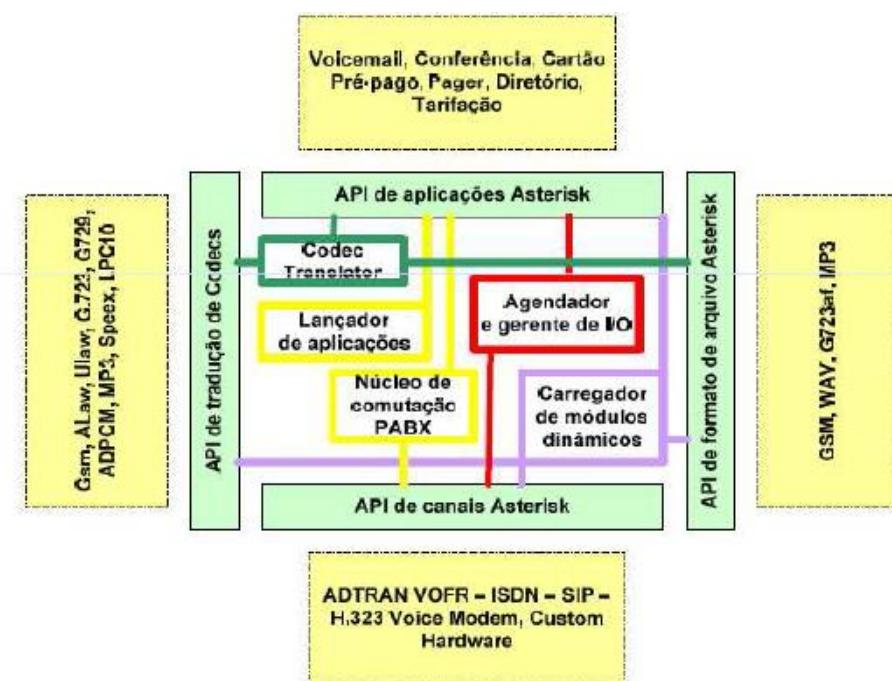


Figura 5 – Arquitetura Básica do Asterisk. Fonte:

(<http://www.slideshare.net/vicentenobre1/apresentao-asterisk>).

### 2.4.3 Arquivos de Configuração do Asterisk

O Asterisk é dividido em módulos, cada um pode representar uma funcionalidade, aplicação, função, canal de comunicação, protocolo e assim por diante. A configuração de cada um dos módulos do Asterisk é feita em arquivos-texto, com extensão *conf*, localizados na pasta */etc/asterisk* do *Linux* [7, 14].

Há alguns arquivos de configuração que merecem destaque dentro do trabalho que pretende-se realizar:

- *Agents.conf* -> Agentes das filas de atendimento [7, 14];
- *Chan\_dahdi.conf* -- > configuração dos canais de comunicação do hardware da *Digium* [7, 14];
- *cdr.conf* – > configuração dos bilhetes das chamadas *CDR (Call Detail Records)* [7, 14];
- *extensions.conf* -> Plano de discagem, ou seja, toda a lógica de funcionamento do servidor Asterisk [7, 14];
- *features.conf* -> Configuração das funcionalidades do sistema, como transferência, estacionamento de chamadas, captura de chamadas, entre outras [7, 14];
- *iax.conf* -> Configura clientes *IAX* [7, 14];
- *logger.conf* -> Habilita ou desabilita *logs* do Asterisk [7, 14];
- *meetme.conf* -> Configura salas de conferências [7, 14];
- *musiconhold.conf* -> Musica de espera. (*MOH – Music on Hold*) [7, 14];

- *queues.conf* -> Filas de atendimento (*DAC* – Distribuição Automática de Chamadas) [7, 14];
- *sip.conf* -> Configura clientes *SIP* [7, 14];
- *voicemail.conf* -> Configura correio de voz [7, 14].

As divisões internas dos arquivos de configuração são chamadas de seções e o nome das seções está sempre entre colchetes. Existem algumas seções com nomes e funções específicas como [31]:

- *general*: define os valores default para todas as outras seções dentro do arquivo ou os parâmetros de funcionamento de um protocolo ou função específica [5, 6];
- *channels*: especifica os canais de comunicação no arquivo *chan\_dafdi.conf* [5, 6];
- *globals*: seção destinada à criação das variáveis globais do plano de discagem [5, 6].

```
[seção]
opcao1 = valor
opcao2 = valor
...
[novasecao]
opcao1 = valor
opcao2 = valor

[1000]
username = 1000
senha = 123456
```

Figura 6 – Exemplos de seção [3].

A construção de um plano de discagem define todo o funcionamento do servidor Asterisk e é onde são tratadas tanto as regras de discagem quanto as chamadas de entrada e saída do servidor. No plano de discagem as seções recebem o nome de contextos que é o local dentro do canal que se origina a chamada e onde são processadas as ligações recebidas pelo Asterisk. Os arquivos *sip.conf* e *iax.conf* recebem o nome de *peer* que é a definição de um canal de comunicação [31, 32].

#### 2.4.4 Arquivos de Canais de Comunicação *SIP* e *IAX2*

Os arquivos de configuração referentes aos canais de comunicação com os quais o Asterisk trabalha possuem alguns parâmetros específicos. Os parâmetros apresentados a seguir aplicam-se tanto à configuração do protocolo *SIP* quanto à do protocolo *IAX2*:

- Seção *general*: as opções feitas são aplicadas a todas as outras seções do arquivo, as configurações são herdadas pelas demais seções, exceto pelas definidas dentro de um *peer* específico [31, 32]:
  - *Context*: define o contexto-padrão para o recebimento de chamadas [31, 32];
  - *Udppbindaddr*: especifica o endereço *IP UDP* da interface de rede em que o Asterisk aceitará conexões. Normalmente especificado como 0.0.0.0, que representa qualquer endereço *IP* [31, 32];

- *Tcpbindaddr*: especifica o endereço *IP TCP* da interface de rede em que o Asterisk aceitará conexões. Normalmente especificado como 0.0.0.0, que representa qualquer endereço *IP* [31, 32];
- *Bindport*: especifica a porta de comunicação em que o Asterisk aceitará conexões. No protocolo *SIP* a porta padrão é a *UDP* 5060, e no *IAX2* é a *UDP* 4569 [31, 32];
- *Transport*: define o modo de transporte da sinalização [6, 7];
- *UDP*: utiliza o protocolo *UDP*. Este é o valor padrão do Asterisk [31, 32];
- *TCP*: define o protocolo *TCP* para o transporte da sinalização [31, 32];
- *TLS*: especifica o uso de *TLS* para o transporte da sinalização. Este protocolo transporta a sinalização em modo criptografado [31, 32];
- *Language*: define o *flag* que representa o idioma para os arquivos de som utilizados pelo Asterisk. Para definir o português-brasileiro deve-se colocar o parâmetro *language = pt\_BR*. O valor default é em, que representa o inglês [31, 32];
- *Allow*: habilita a utilização de um *CODEC* específico [31, 32];
- *Disallow*: funciona da mesma forma que o parâmetro *allow*, só que desabilita os *CODECS* em vez de habilitá-los [31, 32];

- Seção de definição dos canais de comunicação *peer*: definição dos parâmetros de cada canal de comunicação. Normalmente os canais de comunicação são tratados como ramais, o que não é uma verdade absoluta, pois o termo canal de comunicação é utilizado para qualquer tipo de comunicação estabelecida. A seguir as opções mais comuns usadas na configuração específica de cada um dos canais de comunicação [31, 32]:
  - *Allow*: funciona da mesma forma quando definido na seção *general*. O detalhe é que ao definir para um canal de comunicação específico o CODEC habilitado é adicionado aos CODECS habilitados na seção *general* [34];
  - *Disallow*: tem o mesmo funcionamento da seção *general* [34];
  - *Callerid*: define as informações transferidas para o destino das chamadas. É a informação que identifica o canal de comunicação durante uma chamada [34];
  - *Context*: define o contexto, ou grupo de regras, específico para o canal de comunicação. Também conhecido como classe de ramal para as quais destinos o cliente pode discar [34];
  - *Host*: define o *host* ou endereço *IP* onde o canal de comunicação está configurado (autenticado) [34];
  - *Deny/permit*: limita a origem dos pacotes de uma rede específica [34];

- *Defaultuser*: define a identificação (nome de usuário) utilizada pelo canal de comunicação para a autenticação ao iniciar uma chamada [34];
- *Secret*: define a senha utilizada pelo canal de comunicação para a autenticação ao registrar-se no servidor e ao iniciar uma chamada [34];
- *Dtmfmode*: define a forma de passagem de dígitos entre o cliente e o Asterisk. Esta opção é válida somente para o protocolo *SIP* [34];
- *Type*: para o protocolo *IAX2*, define se um canal pode receber chamadas do servidor Asterisk ou iniciar chamadas para o servidor Asterisk, ou ainda se possui ambas as funcionalidades. Caso o protocolo em uso seja o *SIP*, o funcionamento desse parâmetro está associado à forma como o Asterisk irá pesquisar pelo cliente. Caso seja definido como *user*, o Asterisk utilizará o valor do campo *from*, recebido no cabeçalho *SIP* da conexão para encontrar a respectiva. Já, se for definido como *peer*, a conta será pesquisada pelo host através do endereço *IP* de origem e número da porta de comunicação [34].

Pode-se ainda criar o chamado *template* de configuração. A função dos *templates* é facilitar a reconfiguração de um grupo de canais de comunicação de forma mais rápida e eficiente. Para definição de uma seção como *template* basta colocar o caractere (!) após a definição da seção.

```
[opcoesbasicas]
host = dynamic
type = friend
context = ramais

...
[ramal4010]
secret = senha4010
callerid = Secretaria <4010>

[codecs]
disallow = all
allow = alaw
allow = g711
```

Figura 7 – Exemplos com template [3].

#### 2.4.5 Plano de Discagem

A construção do plano de discagem define todo o funcionamento do servidor Asterisk, é onde os grupos de regras de discagem, como as chamadas de entrada e saída do servidor serão tratadas, quais funcionalidades serão ativadas e como elas funcionarão [6].

O arquivo *extensions.conf* é onde programa-se o plano de discagem, que é organizado da seguinte forma [6, 7]:

- Contextos: agrupam as regras de discagem, ou seja, definem como o Asterisk irá processar os caracteres recebidos dos clientes. O nome do contexto não pode ser superior a 79 caracteres e pode conter apenas os caracteres de 0 a 9, de A a Z (maiúsculas ou minúsculas) e os caracteres hífen e sublinhado (*underscore*) [6, 7];
- Extensões: são as entradas, sequências de caracteres, recebidas pelo Asterisk. Nele tudo é tratado como texto [6, 7];

- Prioridades: especifica a ordem de interpretação das regras de discagem e consequentemente a ordem de execução das aplicações. Devem seguir uma sequência, sempre iniciando com a prioridade número 1 [6, 7];
- Aplicações: ação ou comando a ser executado para funcionamento de uma determinada funcionalidade [31].

```
[contexto]
exten => EXTENSÃO,PRIORIDADE1,APLICAÇÃO
exten => EXTENSÃO,PRIORIDADE2,APLICAÇÃO
...
exten => EXTENSÃO,PRIORIDADEn,APLICAÇÃO

[ramais]
exten => 4001,1,Dial(SIP/4001)
exten => 4001,2,Voicemail(4001)

exten => 1234,1,Playback(Arquivo)
exten => 1234,2,Hangup
```

Figura 8 – Exemplo de contexto, extensão, prioridade e aplicação [3].

#### 2.4.6 Máscaras de Discagem

Serve para que sejam criadas regras com planos de discagem para os ramais, devem sempre ser precedido pelo *underscore* ou sublinhado. Algumas máscaras são importantes como [6]:

- X: substitui qualquer dígito da faixa de 0 até 9 [6];
- Z: substitui qualquer dígito na faixa de 1 a 9 [6];
- N: substitui qualquer dígito na faixa de 2 a 9 [6];
- “ . ” : corresponde a um ou mais caracteres [6];
- ! : corresponde a mais caracteres [6].

### 3 PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO

Tomando por base a estrutura de rede existente na empresa e as conexões entre a matriz no Rio de Janeiro e suas filiais em São Paulo, Minas Gerais e Brasília, este capítulo tem a finalidade de elaborar a implementação do VoIP levando em conta todos os aspectos vistos nos capítulos anteriores.

#### 3.1 ESCOPO

A proposta é permitir a comunicação telefônica utilizando a rede de dados para interligar a matriz e as filiais. Para isso será utilizada a central telefônica tradicional trabalhando em conjunto com VoIP, que nos trará os benefícios de expandir a quantidade de ramais existentes podendo também incorporar mais serviços como o de correio de voz, registro de chamadas, transferência de chamadas e vídeo-conferência, com a mesma confiabilidade inerente à telefonia convencional.

#### 3.2 ESTRUTURA DA REDE

A rede atual da matriz no Rio de Janeiro e das filiais em São Paulo, Belo Horizonte e Brasília possuem acesso à internet através de um link dedicado em cada localidade provido pela RNP (Rede Nacional de Pesquisa) de 100Mb que são conectados através de VPN (*Virtual Private Network*).

Há *firewalls*, roteadores e *switches* de nível 3, como também uma DMZ (Zona Desmilitarizada) configurada para os serviços com servidores: *DNS (Domain Name Service)*, *Web* e *VPN*, rodando na plataforma Linux Debian. Existindo também estações de trabalho inseridas em domínios Microsoft integrados em cada localidade.

A proposta contempla incrementar a topologia com um servidor *PBX VoIP* utilizando Asterisk, o qual permite gerenciar toda a comunicação de voz. Pode trabalhar também em parceria com o sistema de telefonia tradicional, e tem mais algumas outras facilidades como:

- Mobilidade e Flexibilidade: a possibilidade de colocar o ramal em qualquer local que tenha ponto de rede disponível;
- Escalabilidade: o número de ramais pode ser expandido sem a necessidade de hardware adicional;
- Economia: redução de custos com ligações e serviços;
- Integração: integração com a central telefônica convencional existente.

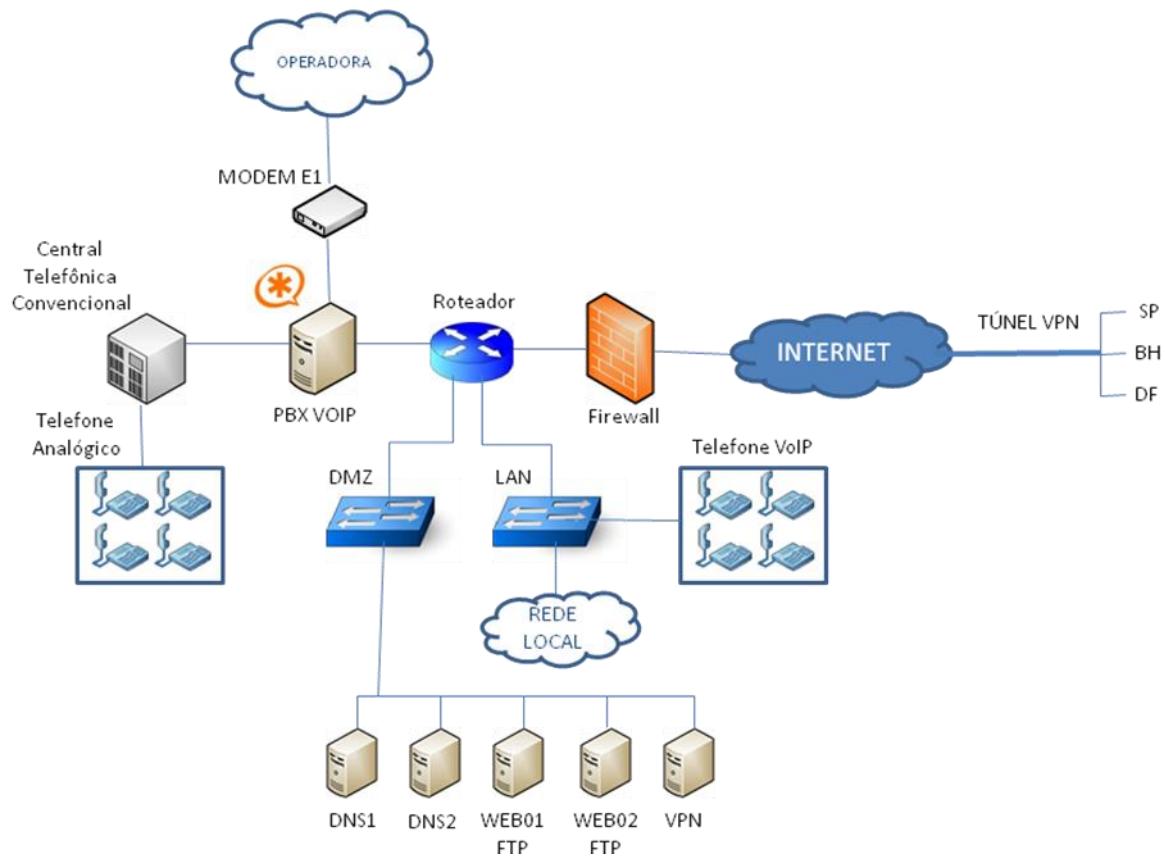


Figura 9 – Topologia da Matriz no Rio de Janeiro.

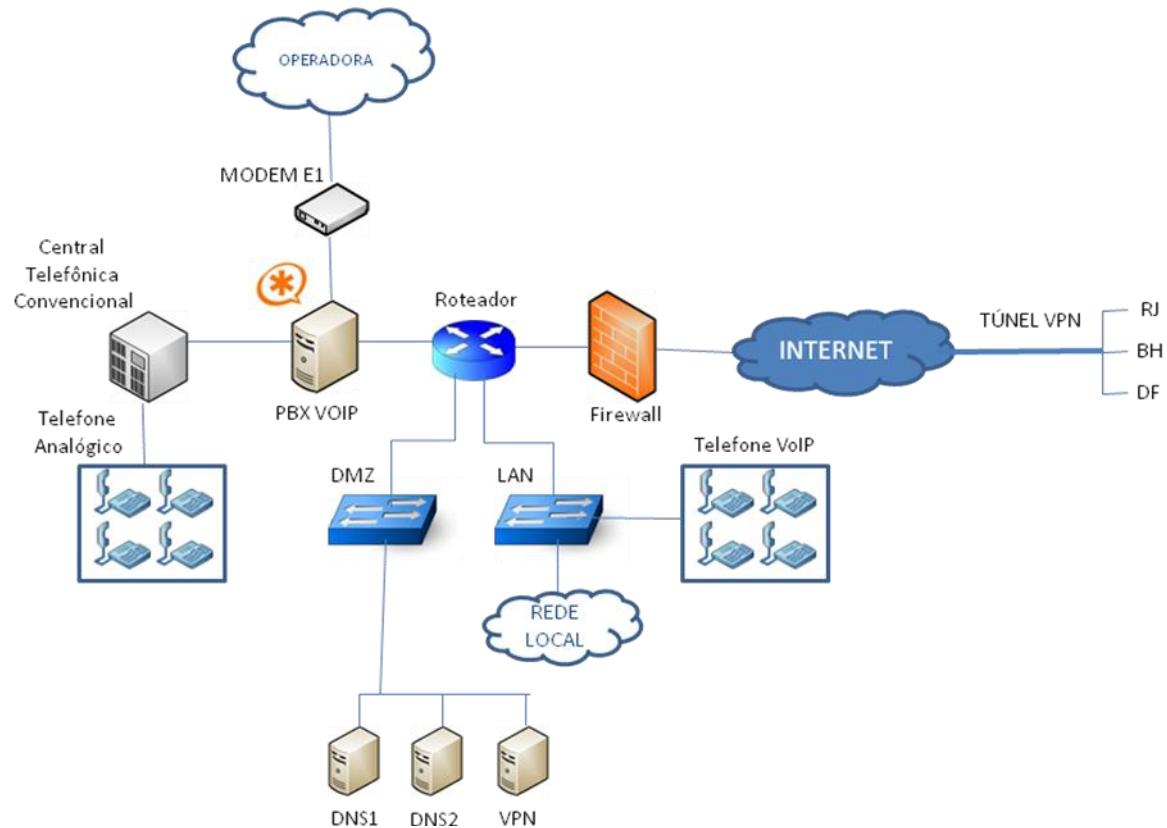


Figura 10 – Topologia da Filial em São Paulo.

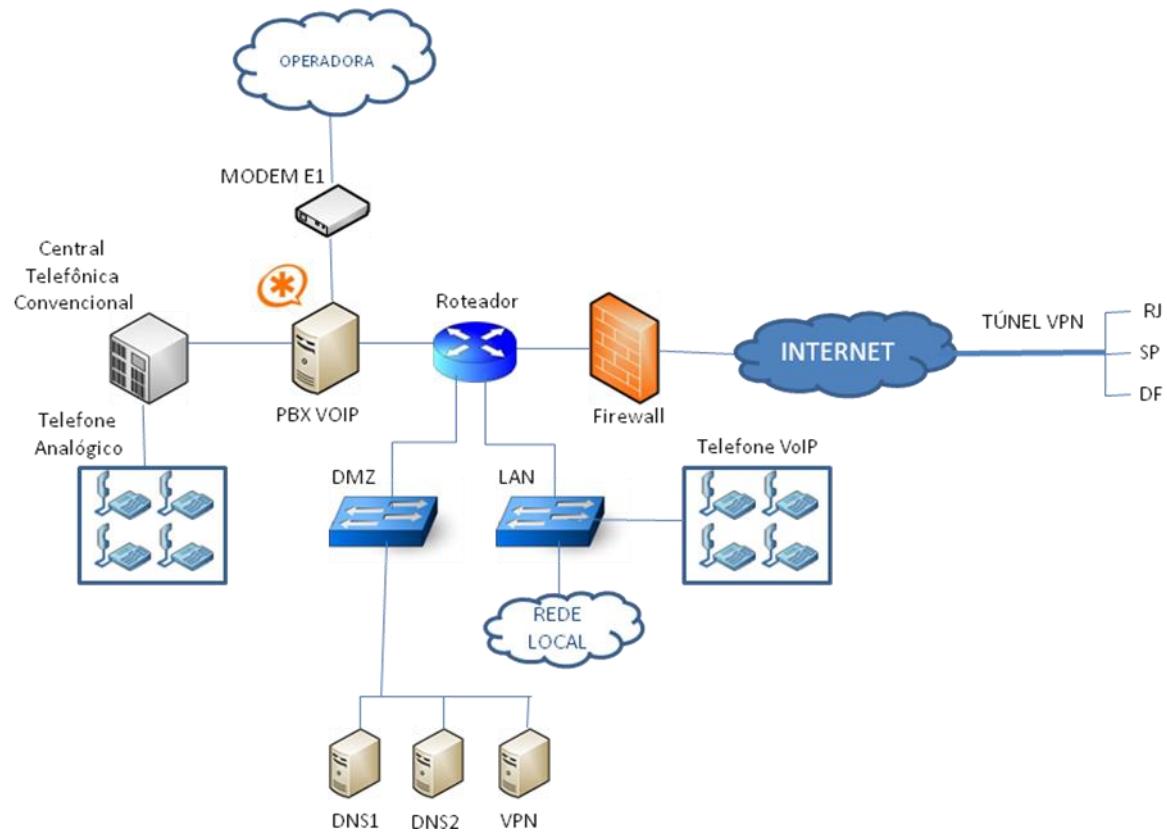


Figura 11 – Topologia da Filial em Belo Horizonte.

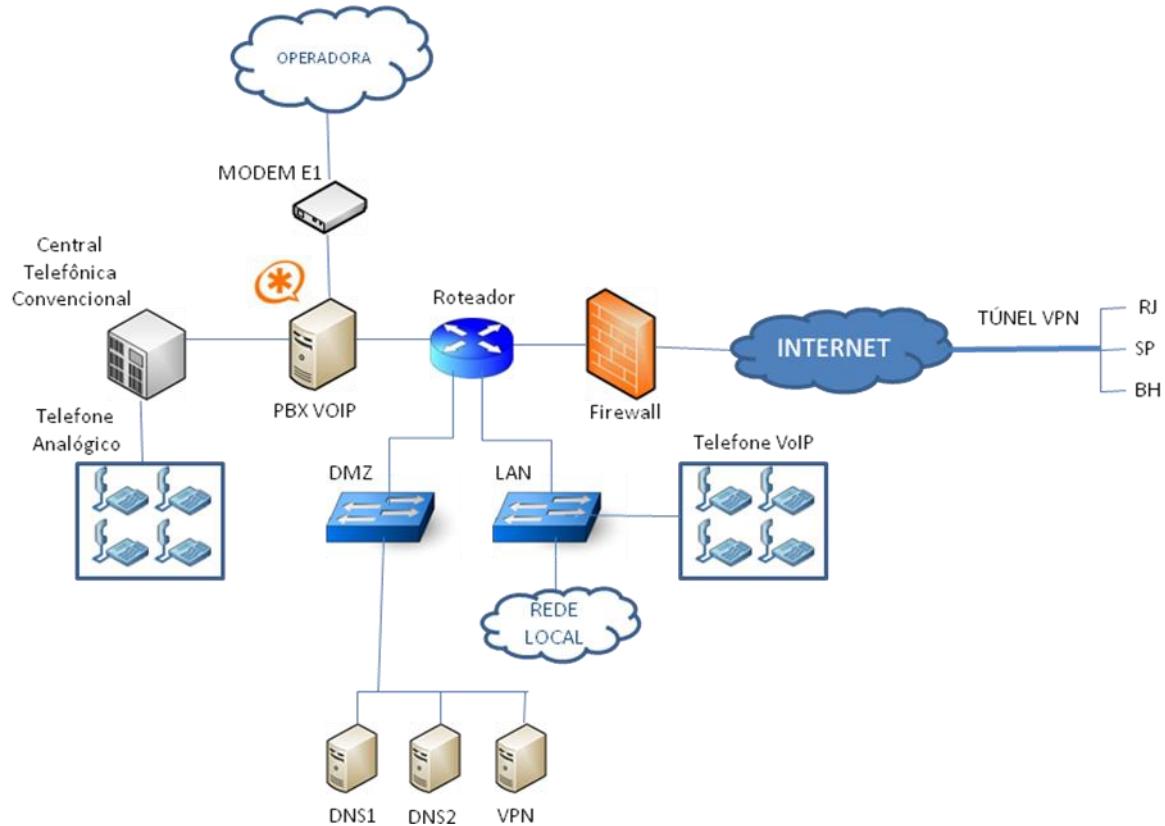


Figura 12 – Topologia da Filial em Brasília.

### 3.3 EQUIPAMENTOS, HARDWARE E SOFTWARES VoIP

Quando há implantação de soluções da tecnologia VoIP, geralmente são adquiridos alguns equipamentos e softwares necessários para implantação e que são vitais para a operabilidade do sistema. Os equipamentos VoIP são fáceis de se adaptar a infraestrutura já existente [3, 5]:

- Adaptadores ATA: Adaptador Análogo do Telefone (ATA) é um dispositivo telefônico utilizado para converter o sinal analógico de um telefone convencional em pacotes de dados a serem trafegados na rede ou na internet, ou seja, transforma um ponto de rede em um ou mais ramais IP utilizando telefones convencionais. As configurações são feitas através de interface web, possuindo diversas opções de

configurações possuindo alta flexibilidade e adaptação aos mais diversos ambientes [16, 42];



Figura 13 – Adaptador ATA. Fonte: <http://www.comprevoip.com.br>.

- **Telefone IP:** Equipamento semelhante aos telefones tradicionais, tem como função realizar a conversão do sinal analógico de voz para o padrão digital VoIP. Equipamento possui portas para conexão com a rede IP. Há diversos fabricantes e modelos que variam dos mais simples com, poucas funções, aos mais complexos, com muitas funções. A instalação é bastante simples bastando conectá-lo a uma rede de dados com conector RJ-45 e realizar as configurações de rede e de ramal IP para então conectar-se a um PBX IP, ou mesmo a uma Operadora VoIP [16, 42];



Figura 14 – Telefone IP. Fonte: <http://www.comprevoip.com.br>.

- **Balun:** É um dispositivo eletrônico que permite interligar um circuito elétrico平衡ado a um circuito elétrico desbalanceado, ou vice-

versa. O adaptador *Balun 75/120 Ohms* permite que equipamentos com saídas *Rx/Tx coaxiais 75 Ohms* se comuniquem com equipamentos que utilizam par trançado 120 Ohms. Suportam *E1*, taxas de transmissão de 2.048 Mbps. Não necessita de alimentação elétrica *E1* [16, 42];



Figura 15 – *Balun* Adaptador 75/120 ohms. Fonte: <http://www.datacabos.com.br>.

- *Softphone*: É um software que pode ser instalado em computadores. Tem como função prover funcionalidades de um ramal IP. Alguns desses softwares são de código aberto e há instalações para diversos sistemas operacionais. Possuem interface intuitiva e de fácil compreensão e um teclado virtual muito parecido com o de um telefone convencional e uma de suas vantagens é a mobilidade, pois não há necessidade de cabos telefônicos bastando estar conectado à Internet pela rede sem fio para receber ligações diretamente do ramal IP [16, 42];



Figura 16 – *Softphone*. Fonte: <http://www.comprevoip.com.br>.

- Modem *E1*: dois padrões de comunicação digital existem no mundo, padrão europeu *E1* e o padrão americano *T1*. No Brasil, o padrão de canal digital oferecido pelas operadoras de telefonia fixa é o tronco *E1* em contrapartida ao *T1*. A função destes padrões é definir a forma de acesso ao meio pelo sistema digital. Os padrões de entroncamento *E1* e *T1* dividem o meio de transporte em fatias de tempo, também conhecidas como *time slots*. Cada fatia é um canal de transmissão de dados no tamanho de 8 bits numa taxa de 8000 frames por segundo, alcançando assim uma taxa de 64 *kbps*. Esta tecnologia é conhecida como *TDM* (*Time Division Multiplexing* – Multiplexação por Divisão do Tempo). No Brasil, assim como na Europa, a interface digital adotada é o tronco *E1*, composta por 32 canais de transmissão, fornecendo um link assim de 2 *Mbps*. Para fins de comparação, o padrão *T1* compõe de 24 canais de transmissão que fornece um *link* de 1,54 *Mbits* [16, 42];



Figura 17 – Modem *E1*. Fonte:

[http://www.digicomm.de/index.php?id=kupfer\\_e1\\_e2&L=1](http://www.digicomm.de/index.php?id=kupfer_e1_e2&L=1)

- Placas *FXO* (*Foreign Exchange Office*): permitem a conexão a uma linha de telefone analógico. É ligada diretamente à rede pública ou a um *PBX* e não geram tom de discagem, apenas aceitam, fornecem comunicação bidirecional [16, 41];

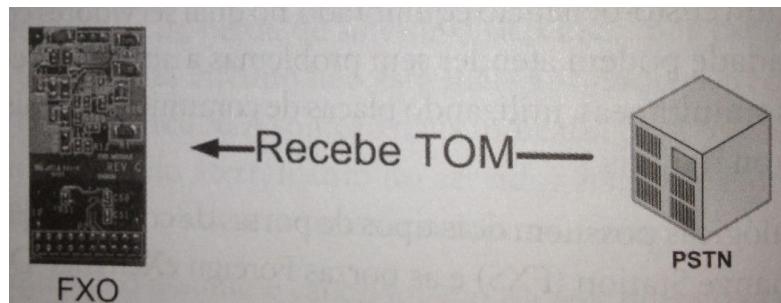


Figura 18 – Placa *FXO* [3].

- Placas *FXS* (*Foreign Exchange Station*): permitem a conexão a um telefone analógico, fornecendo o tom de discagem e também sinalizam quando uma ligação é recebida, é a porta em que se conecta um aparelho telefônico, gera tom de discagem e fornece comunicação bidirecional [16, 41];

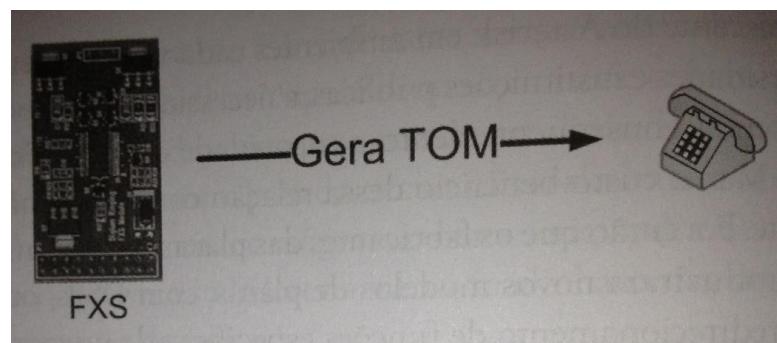


Figura 19 – Placa *FXS* [3].

Abaixo um exemplo de como o Asterisk pode ser implementado utilizando as interfaces de hardware *FXO*, *FXS* e adaptadores *ATA*:

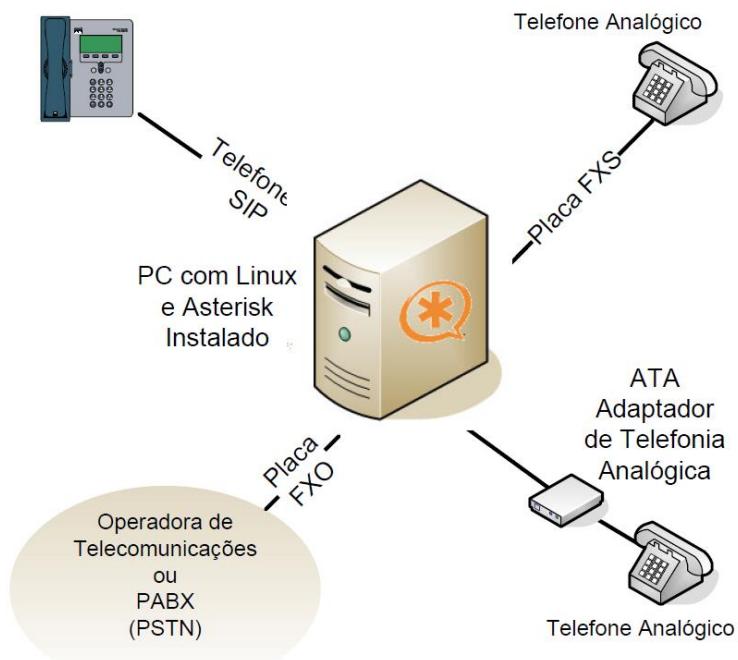


Figura 20 – Visão Geral dos Equipamentos VoIP [31].

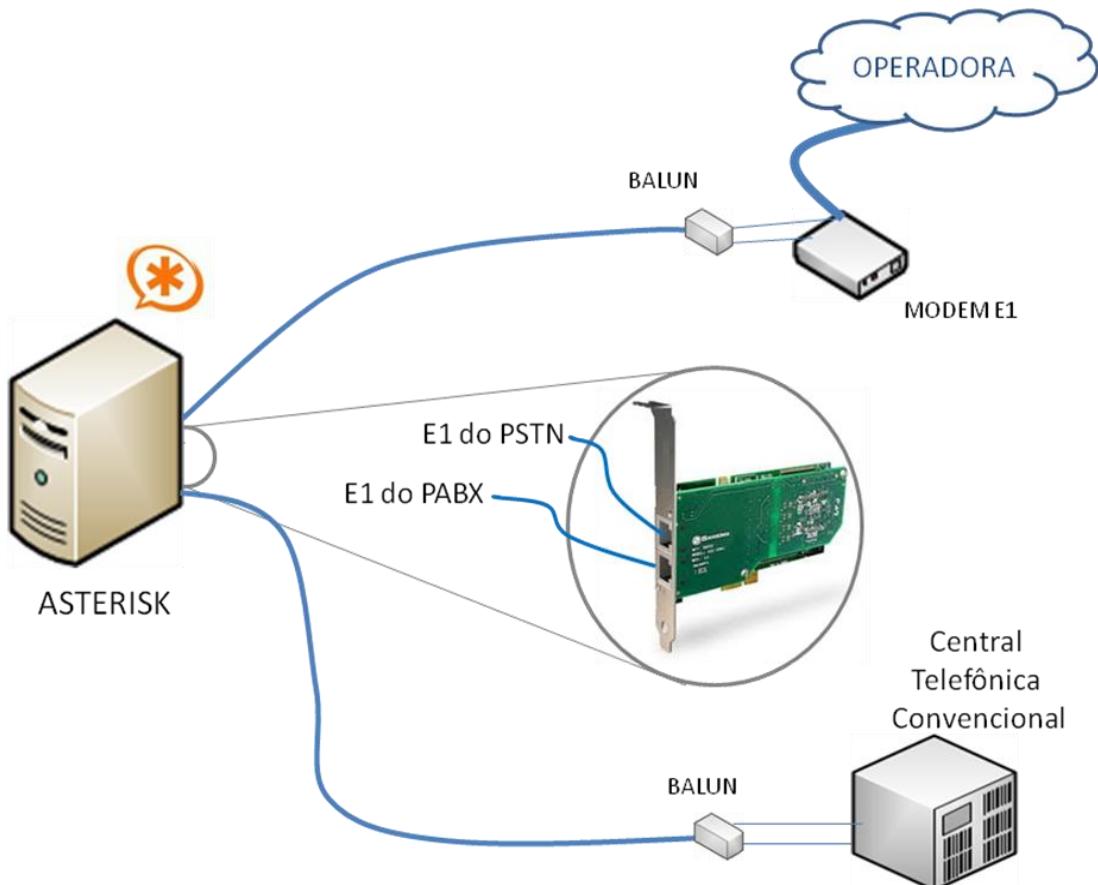


Figura 21 – Visão Específica do Hardware VoIP.

### 3.4 PERSPECTIVA FUTURA COM A IMPLANTAÇÃO DO SERVIÇO DE VoIP

A adoção de *VoIP* foi feita pensando em reduzir custos com os serviços de telefonia e com o contrato de manutenção da atual estrutura de telecomunicações em operação. Há uma necessidade muito grande em poder oferecer aos usuários de telefonia da empresa uma maior qualidade e agilidade nos atendimento principalmente se for levado em conta os anos de inércia por parte das empresas prestadoras de serviço. Chegou-se à conclusão que estava na hora de adotar *VoIP* como tecnologia em razão de se mostrar madura e suficientemente difundida para solucionar questões que estivessem por surgir.

Após pesquisas feitas procurando algum software que pudesse atender nossas expectativas em ter uma ferramenta estável e confiável a qual fosse amplamente difundida no mercado, pudesse adicionar novas funcionalidades ao serviço existente, fizesse a conexão com a rede pública de telefonia, permitisse acréscimos e retiradas de pontos telefônicos de acordo com a demanda existente e por fim possibilitasse a comunicação dos equipamentos da matriz no Rio de Janeiro com os das filiais em São Paulo, Minas Gerais e Brasília foi resolvida a adoção da ferramenta Asterisk como serviço.

O Sistema Operacional *Linux* será utilizado como plataforma para instalação do Asterisk. A distribuição escolhida foi o *Debian* em virtude de termos pessoal certificado e experiente para a solução de qualquer eventualidade que possa vir a existir. Existirá um servidor dedicado que rodará o Asterisk em cada localidade. Existirá também uma *VLAN (Virtual Area Network)* separada para *VoIP*.

A proposta, numa fase inicial, seria a implantação do serviço na matriz com a conversão de todos os ramais para *VoIP*, configurando o Asterisk de tal forma que

ele possua as funcionalidades de: gateway de mídia, gateway de sinalização, servidor *URA*, registro de chamadas e transferência de chamadas.

Numa segunda fase, ainda na matriz, e já com a aplicação Asterisk em funcionamento seriam contempladas mais soluções de serviços como: correio de voz, identificador de chamadas, chamada em espera, não perturbe, bloqueio de ligações, secretaria eletrônica e outras, conforme houve necessidade. Após esta segunda fase, e com todo o serviço funcionando sem problemas, seriam traçadas estratégias para implementação nas filiais.

### 3.5 COMUNICAÇÃO ENTRE A MATRIZ E AS FILIAIS

A utilização dos servidores Asterisk como solução tanto na matriz quanto nas filiais possibilitou a realização do entroncamento entre os equipamentos utilizando o protocolo *IAX2* e a função *trunking*. Assim, torna-se possível a comunicação entre dois ou mais servidores, provendo a interligação direta e sem qualquer custo telefônico de todos os ramais em todas as localidades atendidas pelo serviço.

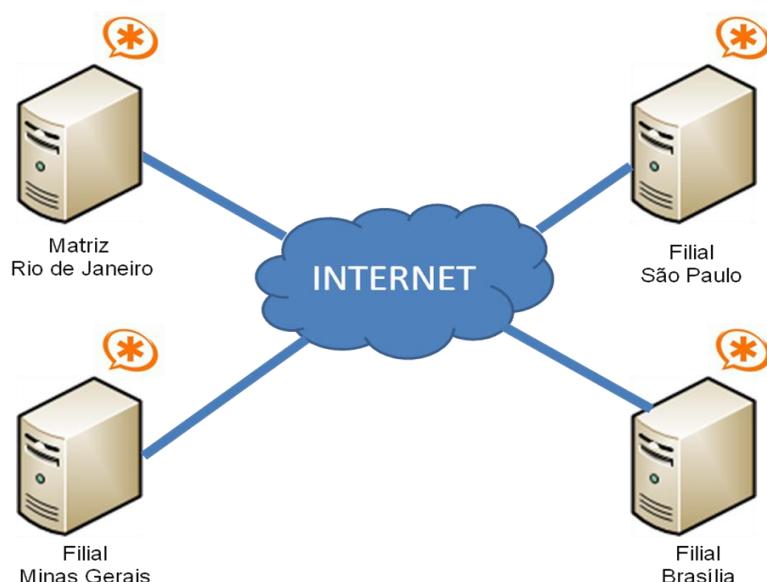


Figura 22 – Entroncamento de servidores Asterisk.

### 3.6 CODECS UTILIZADOS

Para converter sinais analógicos em digitais, considerando a qualidade da voz dada pelo *MOS*, deverá ser utilizado o *codec G.711* por que tem como vantagens uma baixa utilização da *CPU*, possuir um rápido processamento e portanto ser um *codec* de alta velocidade para conversão podendo gerar assim um fluxo constante a uma taxa de 64 *kbit/s* sem supressão de silêncio e também ter baixo atraso fim a fim dos pacotes de voz; [8, 9].

### 3.7 IMPLEMENTAÇÃO DOS PROTOCOLOS

Será utilizado o protocolo de sinalização *SIP* para estabelecimento das sessões entre os terminais em razão de ele ter algumas vantagens como: possuir flexibilidade para fazer alterações em seu funcionamento, ser escalável e trazer a facilidade de ter sido um protocolo desenvolvido para trabalhar na internet em detrimento do *IAX*, que apesar de possuir alguns pontos positivos, necessita de mais tempo para amadurecer, ser documentado e ter difundida todas as suas funcionalidades que não serão abordadas neste documento [23, 24].

#### 4 PLANEJAMENTO DE CAPACIDADE DA REDE

Os recursos de um canal de comunicação são finitos e custosos, portanto deve-se planejar seu limite de utilização com vistas a manter os níveis de serviço das aplicações. O planejamento da capacidade da rede é de suma importância para garantir a qualidade do serviço de VoIP pois dimensiona o volume de trabalho à quantidade de recursos oferecidos [45].

A performance de um sistema de computação resulta da interação da carga de trabalho com os recursos aos quais compõem-se o sistema. A capacidade da computação é definida como sendo a carga de trabalho que se pode processar sem ultrapassar os limites de desempenho estabelecidos pelos níveis de serviço. Planejar a capacidade é determinar que um processo, no tempo preciso, aloque uma quantidade adequada de recursos para atender a carga de trabalho necessária [45, 54].

Pode-se decompor em quatro fases o processo de planejamento de capacidade para configuração de uma rede: caracterização da carga de trabalho, definição dos níveis de serviço, previsão de desempenho sobre recursos disponíveis e se necessário, adequação aos recursos. Dimensionar os recursos de uma rede consiste em utilizar métodos que permitam prever o desempenho frente a novas situações de carga e serviços. Uma vez tendo essas informações de cargas e dos níveis de serviço, deve-se estimar em que momento as demandas por recursos ultrapassarão a capacidade da rede. O ponto saturação do sistema será quando, em função das demandas previstas, o nível de serviço deixar de ser satisfatório. A previsão de desempenho deve relacionar os efeitos da carga das solicitações sobre os níveis de serviços e a utilização dos recursos. A questão do planejamento de capacidade é planejar o ponto em que carga de recursos excederá o limite da rede.

Os métodos para avaliação podem ser a combinação de diversas medidas para desempenho feitas durante o uso do canal de comunicação e podem ser divididos em duas categorias: técnicas de medição e técnicas de previsão [45, 46].

As técnicas de medição são usadas quando é possível fazer medições na rede em condições de tráfego real e requer que redes reais sejam avaliadas por experimentação. Na medição direta da rede nenhum detalhe é excluído, então a verdadeira utilização da rede está sendo monitorada e medida. Há inconvenientes no caso de redes em produção, pois não é possível parar os serviços para fazer experimentos de carga e então a rede não pode ser medida no seu limite de carga sem que impacte no desempenho dos usuários em sua utilização [46, 54].

As técnicas de previsão podem ser usadas por modelos analíticos ou simulados. Os principais fatores se levar em conta são a precisão dos resultados, o tempo para consegui-los e o custo ao usar o método. A vantagem das soluções analíticas é que elas podem ser utilizadas de forma relativamente rápida. No entanto, a necessidade em resolver o modelo se restringe à abrangência do sistema ou às características do tráfego. A solução analítica é utilizada frequentemente para produzir resultados aproximados de forma relativamente rápida e barata [45, 46].

A solução simulada normalmente é utilizada em redes de maior complexidade pois há a possibilidade dos sistemas serem modelados em um nível de precisão desejada ao qual permite analisar as alternativas de configuração levando em conta aspectos de custos, confiabilidade, carga projetada e os níveis de serviço, porém pode haver alto consumo de tempo em sua execução e grandes gastos financeiros para seu desenvolvimento e execução [45, 46].

#### 4.1 PLANEJAMENTO DA CAPACIDADE EM TELEFONIA

Os métodos modernos para otimização de redes telefônicas têm as suas raízes no trabalho feito por *Agner Krarup Erlang* (1878-1929), um cientista dinamarquês que ingressou na companhia telefônica *Copenhagen Telephone Company* em 1908. Ele iniciou a solução do problema chave no projeto de uma rede telefônica: Quantos troncos são necessários para transportar um determinado volume de ligações [47, 54].

A questão incidia em transformar em números o balanceamento entre custo e serviço de forma a fazer com que os projetistas de rede tivessem condições de avaliar as melhores probabilidades. Com isto, *Erlang* gerou os primeiros estudos sobre tráfego telefônico, e criou métodos matemáticos para analisar o balanceamento de serviço e custo. Para aplicar os métodos de *Erlang* é indispensável que alguns conceitos sejam abordados, tais como [48, 54]:

- *Erlang*: é a unidade básica de intensidade de tráfego telefônico. A intensidade de tráfego é determinada como o número de recursos ocupados em um conjunto, num determinado momento que podem ser um grupo de troncos. Um *erlang* é uma unidade sem dimensão, representando o uso contínuo de um tronco telefônico. No entanto, já que um único circuito usado ininterruptamente transporta 60 minutos de chamadas em uma hora, um *erlang* é habitualmente definido como sendo 60 minutos de tráfego [47, 54];
- Tipos de tráfego:
  - Tráfego Efetivamente Utilizado (*Carried Traffic*): corresponde ao tráfego utilizado pelos usuários do serviço [47, 54];

- O Tráfego Oferecido (*Offered Traffic*): corresponde a real demanda de tráfego [47];
- Hora de Maior Movimento (*Busy Hour*): o tráfego medido na hora do maior movimento (*HMM*) representa a máxima carga de tráfego que a rede produz. Quando não for possível fazer a medição, podem ser feitas estimativas de quantas chamadas são realizadas por dia [43, 47];
- Servidor: é um dispositivo que manipula as chamadas (troncos, grupos de troncos, linhas) [47];
- GoS (*Grade of Service - Grau de Serviço*): define a probabilidade de que todos os servidores estarão ocupados quando uma tentativa de chamada for feita [47, 54].
- Tráfego Oferecido – o conceito de tráfego oferecido é usado em modelos teóricos. É o tráfego que seria transportado se nenhuma das ligações fosse rejeitada por falta de capacidade da rede. A fórmula abaixo mostra a diferença entre o tráfego oferecido e o tráfego efetivamente utilizado [46, 47, 54];

Esses métodos serão aplicados à fórmula e possibilitarão prover maior eficiência ao planejamento de capacidade da rede telefônica [47, 54].

$$Teu = To / 1 - GoS$$

Onde:

- $Teu$  = tráfego efetivamente utilizado;
- $To$  = tráfego oferecido;
- $GoS$  = fator de bloqueio.

O tráfego oferecido é um valor hipotético e não pode ser medido, mas pode ser estimado conforme fórmula abaixo, medindo-se a intensidade de tráfego em *erlangs* [43, 44, 45, 47, 53, 54].

$$To = \lambda \cdot s$$

Onde:

- $To$ : intensidade do tráfego;
- $\lambda$ : corresponde a média do número de chamadas;
- $s$ : corresponde ao tempo médio das chamadas.

A intensidade de tráfego é uma medida da utilização média durante um intervalo de tempo e não reflete o relacionamento entre a quantidade e a duração das chamadas. Portanto, podem ocorrer de muitas chamadas curtas produzirem a mesma intensidade de tráfego do que poucas chamadas longas.

Foi apurada uma estimativa de que são feitas aproximadamente, na matriz situada no Rio de Janeiro, 30 chamadas em uma hora e cada chamada tem um tempo de duração médio de 1 minuto, então a intensidade do tráfego pode ser calculada da seguinte forma:

$$\text{Minutos de tráfego em 1h} = \text{nº de chamadas} \times \text{duração em minutos}$$

$$\text{Minutos de tráfego em 1h} = 30 \text{ chamadas} \times 1 \text{ minuto}$$

$$\text{Minutos de tráfego em 1h} = 30$$

$$\text{Horas de tráfego em 1h} = 30 / 60$$

$$\text{Horas de tráfego em 1h} = 0,5$$

$$\text{Intensidade de tráfego} = 0,5 \text{ erlangs}$$

Existe também a fórmula de *Erlang B* que é quando uma chamada bloqueada é de fato bloqueada, isso acontece ao ligar para uma linha telefônica e receber o sinal de ocupado ou mesmo quando se tenta acessar um tronco que está em uso. A fórmula é composta por três variáveis: servidores (linhas), intensidade de tráfego e GoS. Para facilitar a busca por resultados existem tabelas prontas mostrando a relação entre essas 3 variáveis:

<i>x</i>	1 %	2 %	3 %	4 %
Servidores (Linhas)	Intensidade de Tráfego (Erlangs)			
1	0.001	0.002	0.003	0.004
2	0.046	0.065	0.081	0.094
3	0.19	0.25	0.29	0.32
4	0.44	0.53	0.60	0.66
5	0.76	0.90	0.99	1.07
6	1.15	1.33	1.45	1.54
7	1.58	1.80	1.95	2.06
8	2.05	2.31	2.48	2.62
9	2.56	2.85	3.05	3.21
10	3.09	3.43	3.65	3.82

Figura 23 – Parte de uma tabela de *Erlang* [47, 54].

Caso duas variáveis sejam conhecidas é possível calcular a terceira variável. A fórmula de *Erlang B* pode ser utilizada em grupos de troncos, onde não é levado em consideração o número de repetições pelo qual os usuários são repassados para outro grupo de troncos, ou quando é esperada uma taxa muito baixa de bloqueios. No caso da maior parte dos *PBX* das empresas, a taxa de bloqueio é muito baixa, sendo aplicável a fórmula de *Erlang Bm* mostrada abaixo [43, 44, 45, 47, 48, 53, 54]:

$$B(c, a) = \frac{\frac{a^c}{c!}}{\sum_{k=0}^c \frac{a^k}{k!}}$$

Onde:

- $B(c,a)$  é a probabilidade de bloqueio de uma chamada;
- $c$  é o número de circuitos;
- $a$  é a intensidade de tráfego (em *erlangs*).

São 4 os passos necessários para a coleta de parâmetros a serem aplicados na fórmula de *Erlang B* a seguir [48, 54]:

1. Coletar o tráfego telefônico: é necessário saber quanto do tráfego será submetido para o grupo de troncos, a cada hora, por pelo menos 5 ou 10 dias úteis. É possível utilizar relatórios detalhados das chamadas gerados pelo PBX, estudos da operadora de telefonia e até mesmo contagem manual, ou fazer suposições baseadas em alguns fatores conhecidos da natureza do tráfego telefônico. O objetivo é produzir um documento contendo o número de chamadas e mostrando a quantidade de minutos utilizados em chamadas em cada hora. Com estes dados, será possível calcular o tráfego oferecido. É importante dizer que o tráfego nos troncos pode ser bem maior do que o tempo real de conversação, pois o tempo de uso para chamadas externas e para as chamadas entrantes podem usar os mesmos troncos [44, 45, 47, 48, 54].

2. Determinar a hora de maior movimento (*HMM*): o tráfego medido na hora de maior movimento representa a máxima carga de tráfego que a rede produz. Para isso pode-se estudar os registros de *PBX* ou estimar a intensidade de tráfego médio mais alto durante dias úteis. É válido utilizar um período que sirva como tráfego médio anual de telefonia [44, 45, 47, 48, 54].

3. Definir um fator de GoS: em muitos casos, um fator de P.05 é aceitável, P.10 é ruim e P.001 é tão aceitável que a maioria dos usuários nunca receberiam um

sinal de ocupado. O padrão de GoS definido pela Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações) é P.05 ou menor, para telefonia comercial fixa [44, 45, 47, 48, 54].

4. Aplicar a fórmula: calcular o número de troncos necessários para transportar a quantidade de tráfego dentro do fator de GoS passado. Neste cálculo é preciso definir qual resultado é aceitável. Normalmente, o resultado satisfatório vai depender do que se dispõe para investir em troncos. Se não existirem condições financeiras para arcar com o custo, pode-se diminuir o número de troncos aumentando a taxa de GoS havendo assim, diminuição da qualidade do serviço. Para o planejamento da capacidade em sistemas telefônicos é importante o conhecimento dos métodos de *Erlang*. No entanto, a coleta dos parâmetros a serem aplicados às fórmulas deve ser correta para que o resultado seja eficiente. Além disso, as fórmulas fazem simplificações da realidade, tal como a fórmula de *Erlang B* que assume que os usuários que receberem sinal de ocupado não tentarão imediatamente uma nova ligação. Todas as fórmulas de tráfego telefônico calculam probabilidades, não valores absolutos. Os resultados preveem o que irá acontecer, na média, durante horas de tráfego semelhante. As horas com tráfego de exceção não serão representadas integralmente nos resultados das fórmulas. Estas exceções podem ocorrer quando em feriados, finais de semana ou outras datas atípicas [44, 45, 47, 48, 54].

#### 4.2 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA E COLETA DE TRÁFEGO TELEFÔNICO

Para fazer a coleta da demanda de tráfego telefônico é necessário saber o comportamento dos usuários e a natureza do negócio da instituição. Apesar de saber-se que os dados do histórico de ligações completos poderiam ser obtidos

através dos registros do *PBX* local, mas não foi possível obter tal informação relacionada às ligações internas, ramal para ramal, pois somente os registros do *PBX* local poderiam mostrar isto. Este tipo de medição não é normalmente monitorado em empresas por ter um alto volume de dados, o que dificulta o armazenamento e o processamento nos *PBX*'s. A dificuldade está no alto custo dos dispositivos de armazenamento para os *PBX*'s, que possuem padrões fechados e devem ser homologados pela empresa fabricante [44, 45, 47, 48, 54].

Para se obter o tempo de duração das chamadas, pode-se dividir o número de ligações pelo tempo total das chamadas. Caso não haja a possibilidade de obter esses dados, o valor usado como padrão em duração de chamadas comerciais locais é entre 180 e 210 segundos. No caso foram feitas medições realizadas na matriz no Rio de Janeiro e os valores ficaram bem próximos do padrão, cerca de 204s em média, para ligações locais, nacionais e internacionais, já para medições de ligações dos ramais feitas na matriz o tempo de duração das chamadas foi de 2 minutos em média.

#### 4.3 CALCULO DA HORA DE MAIOR MOVIMENTO

Para fazer o cálculo da hora de maior movimento é preciso identificar os períodos com o maior número de chamadas durante o dia. Em razão da natureza entre os locais envolvidos, no caso a matriz no Rio de Janeiro e as filiais em São Paulo, Minas Gerais e Brasília o período utilizado para o cálculo da *HMM* foi das 8h às e 20h. As ligações que foram geradas fora deste período representam menos de 0,3% do total de ligações. As horas de maior movimento são importantes para definir os valores limites de tráfego. No caso da matriz no Rio de Janeiro, os períodos de

maior movimento estão entre 11h e 15h, sendo a terça-feira o dia de maior movimento. Houve uma concentração de 86% das chamadas nesses períodos.

Outro dado importante é a intensidade do tráfego. O número de ligações geradas por cada ramal é um dos principais fatores para o cálculo da intensidade do tráfego. No monitoramento feito na matriz no Rio de Janeiro a intensidade de tráfego por ramal ficou em torno de 0,020 *erlangs* por ramal na hora de maior movimento.

Para que seja feito o cálculo do número de linhas (circuitos) necessárias para absorver o tráfego avaliado deve-se totalizar a demanda de tráfego total. A fórmula abaixo mostra o cálculo de intensidade de tráfego na *HMM* da matriz no Rio de Janeiro [44, 45, 47, 48, 54]..

$$THMM = ((nchamadas \cdot tchamada)/3600) \cdot nramais$$

$$THMM = ((10 \times 60s)/3600) \cdot 231$$

$$THMM = 38.5 \text{ erlangs}$$

Onde:

*THMM* - intensidade de tráfego na *HMM*

*nchamadas* – número (quantidade) de chamadas realizadas por cada ramal na *HMM*

*tchamada* – duração (tempo) média das ligações

*nramais* - número de ramais

#### 4.4 METODOLOGIA ADAPTADA PARA VOIP

A partir dos cálculos feitos para levantar o tráfego telefônico, será possível avaliar a largura de banda necessária para absorver os serviços de *VoIP*. Para isso,

devem ser definidos os *codecs* que serão utilizados, a quantidade de amostras por pacotes, a utilização ou não de supressão de silêncio e compressão de cabeçalhos para assim, tornar possível elaborar uma metodologia para adaptar o planejamento de capacidade de rede da telefonia convencional para os serviços *VoIP* [48, 53, 54].

#### 4.5 O TIPO DE CODEC

Para realizar o cálculo da largura de banda necessária para cada ligação, deve-se informar o tipo de *codec* a ser utilizado pois ele influencia no consumo de largura de banda, e também diretamente na qualidade da voz por se tratar de rede corporativa. Em virtude das qualidades oferecidas pelo *G.711* que são: uma baixa utilização da *CPU*, baixo atraso fim a fim dos pacotes de voz e rápido processamento [47, 53, 54].

O *G.711* é um *codec* de alta velocidade para conversão ao qual pode gerar um fluxo constante a uma taxa de 64 *kbit/s* sem supressão de silêncio. O seu consumo de largura de banda pode ser calculado somando os cabeçalhos e a carga útil por pacote e multiplicando pelo número de pacotes por segundo [48, 53].

Para fins de estimativa foi atribuído um tamanho de carga útil para o *codec G.711* de 160 bytes, fazendo aproximadamente duas amostras de voz por pacote. O cálculo do consumo de largura de banda e foi produzido a partir de captura de tráfego realizada no software *Ethereal* no horário de maior movimento e está descrito abaixo [48, 53]:

Tabela 2 – Cálculo da Largura de Banda do Codec G.711 [48].

Preâmbulo	Cabeçalho <i>ethernet</i>	Cabeçalho <i>IP</i>	Cabeçalho <i>UDP</i>	Carga útil	<i>CRC</i>	<i>IFG</i>
8 bytes	14 bytes	20 bytes	8 bytes	160 bytes	4 bytes	12 bytes

Banda = (Carga + cabeçalhos [*ethernet+IP+UDP+RTP*])\* pacotes por segundo \* 8

$$\text{Banda} = (160 + 78) * 50 * 8$$

$$\text{Banda} = 95,2 \text{ Kbits}$$

#### 4.6 AMOSTRAS POR PACOTE

A largura de banda utilizada é diretamente afetada pelo número de pacotes de voz que são transportados em cada amostra. Devido ao excessivo *overhead*, aumentando o número de amostras por pacote, aumenta-se a carga útil dos pacotes fazendo com que o *overhead* diminua. O crescimento do número de amostras por pacote faz com que o atraso fim a fim aumente devido ao tempo de montagem dos pacotes que irá aumentar [46, 47, 48, 53].

O número de amostras por pacote é definido nas configurações dos codecs e pode ser feito nos terminais ou nos servidores. O atraso e as perdas dos pacotes em redes comutadas são mínimos numa rede local corporativa, mesmo não utilizando os mecanismos de QoS (Qualidade de Serviço), portanto, pode-se usar a estratégia de várias amostras de voz em um mesmo pacote nas LAN's [46, 47, 48, 53, 54].

#### 4.7 SUPRESSÃO DE SILÊNCIO

Uma conversação telefônica típica pode conter de 35 a 50% de períodos de silêncio. Todos os pacotes inclusive os que contêm silêncio, são transmitidos consumindo maior largura de banda nas ligações. Com a utilização da técnica de supressão de silêncio, é possível estimar ganhos de até 35% da banda consumida [43, 44, 46, 54].

A supressão de silêncio pode ser uma funcionalidade dos terminais, sendo ativada opcionalmente, ainda que a qualidade das ligações possa ficar prejudicada pois podem ocorrer perdas nos recomeços das conversações dos usuários que estavam em silêncio. Embora possa haver economia na largura de banda, a qualidade da conversação pode ser prejudicada utilizando-se o mecanismo de supressão de silêncio. Em *LAN's*, este mecanismo não é recomendado [43, 44, 46].

#### 4.8 COMPRESSÃO DOS CABEÇALHOS

Nos enlaces ponto a ponto, é possível a utilização de compressão de cabeçalhos. Desta forma, a largura da banda necessária para as conversações diminui bastante, em razão do alto *overhead* nos pacotes de voz [47, 54].

#### 4.9 RECURSOS DA REDE

Para fazer o levantamento dos requisitos do planejamento da capacidade em redes corporativas, para atender aos serviços de *VoIP*, é necessário seguir uma metodologia para evitar problemas futuros no processo de implantação do serviço [48, 54].

O levantamento destes requisitos devem ser feitos antes da compra dos equipamentos e contratação de serviços. Em uma rede empresarial, a maior

dificuldade é de como adaptar os serviços de VoIP aos recursos de rede existentes. Após fazer o levantamento do tráfego telefônico e a da largura de banda necessária, dever-se-á avaliar os recursos de rede existentes [46, 47, 48, 53, 54].

O tráfego de rede sem os serviços de VoIP deve ser analisado previamente, tanto para os valores médios quanto para os valores de pico de tráfego. Os períodos de maior tráfego devem ser identificados. Além disso, os mecanismos de QoS que estão disponíveis na rede podem ser configurados para garantir a qualidade do serviço de voz no caso de redes com links que não sejam suficientes para atender a demanda [46, 47, 48, 53, 54].

#### 4.10 LARGURA DE BANDA

A largura de banda nas redes das empresas geralmente é muito maior do que a necessidade das aplicações e serviços de rede. Existe a possibilidade de haver momentos de pico, por isso é importante que sejam mapeadas essas sobrecargas e os horários onde o tráfego fica mais intenso. O tráfego existente na rede, antes da implementação de serviços VoIP, pode ser medido nas interfaces dos switches ou roteadores que possuírem o protocolo *SNMP (Simple Network Management Protocol)* ou alguma outra forma de gerenciamento. Podem ser usadas nas medições a ferramenta de código-fonte aberto *MRTG (Multi Router Traffic Grapher)*, que apresenta de forma gráfica o tráfego de entrada e saída das interfaces ou em formato texto através de arquivos de logs [46, 47, 48, 53, 54].

#### 4.11 MECANISMOS DE QOS

A maior parte dos links de dados está muito acima do consumo de seus serviços, mas para redes onde isso não acontece existe a opção de trabalhar com

mecanismos que garantam, ao menos, a priorização do tráfego de voz em relação ao restante do tráfego. O padrão *802.1p* é uma funcionalidade comum nos *switches* atuais. Os roteadores baseados em Linux e os roteadores dedicados, tais como os da empresa *Cisco*, possuem o protocolo *DiffServ* (Serviços Diferenciados) e mapeamento entre *DSCP's* (*Differentiated services code point*) e *CoS* (*Class of Service*). Algumas placas de rede atuais possuem *drivers* que permitem a marcação de quadros através do padrão *802.1p*, mas não são o padrão em redes empresariais. Normalmente, os *ATA's* e os telefones *IP* possuem o padrão *802.1p* para a marcação e priorização de quadros em todos os tipos de modelos atuais [45, 46].

## 5 ESTUDO DE CASO

A aplicação da metodologia definida no capítulo anterior será realizada como estudo de caso apenas para a rede utilizada na matriz no Rio de Janeiro. Por falta de estrutura e de mecanismos de coleta de valores tivemos que estimar o tráfego telefônico através do conhecimento empírico ao ambiente, foram feitos cálculos e algumas poucas simulações das chamadas *VoIP*. Os parâmetros de atraso, *jitter* e perdas, das chamadas foram analisados com a ferramenta *MRTG*. O tráfego de rede foi analisado para identificar a hora de maior movimento.

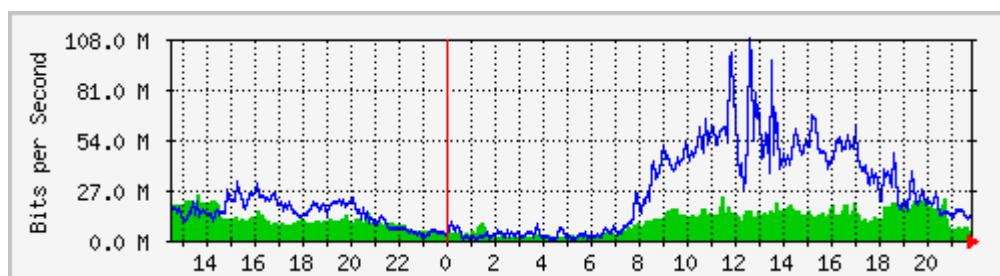


Figura 24 – Exemplo de estatística de tráfego na matriz no Rio de Janeiro.

A partir do levantamento de intensidade de tráfego telefônico feito na instituição, foi possível determinar quantas ligações são realizadas na hora de maior movimento, e desta forma, os dados foram aplicados no cálculo para os serviços de *VoIP*. Neste cenário, o objetivo é eliminar a telefonia convencional, fazendo com que todos os serviços de telefonia internos, ramal para ramal, sejam em *VoIP* fazendo com que o Asterisk substitua o *PBX* convencional.

### 5.1 REDE DE TELEFONIA

Na matriz no Rio de Janeiro, os serviços internos de telefonia são fornecidos por um *PBX* que interliga 231 ramais que gerou, conforme cálculo feito 38,5 *erlangs* de intensidade de tráfego na *HMM*.

## 5.2 REDE DE DADOS

A rede de dados da matriz no Rio de Janeiro é composta por um *backbone* funcionando na velocidade de  $100M\text{bits}$  através de *switches* padrão ethernet e *gigabit ethernet*, sendo segmentada por fibras óticas. Em cada ponta das fibras existem *switches*, na maioria a  $100/1000M\text{bits}$ , servindo de acesso para as estações.

A matriz no Rio de Janeiro possui 231 *hosts* sendo utilizados por 231 funcionários distribuídos em diversas áreas. As filiais em São Paulo, Minas Gerais e Brasília e não serão considerados no estudo de caso.

## 5.3 TRÁFEGO DE REDE

Atualmente, o tráfego de rede é medido através da ferramenta *MRTG*, fazendo leitura das interfaces dos *switches* e roteadores. As estatísticas são coletadas de 60 em 60 minutos e são gerados gráficos com o tráfego de entrada e de saída. Portanto, pode-se saber o tráfego médio e os períodos de maior movimento durante o dia, a semana, o mês e o ano. Os picos de tráfego curtos são de difícil análise com a ferramenta *MRTG*. Embora, dependendo do tempo de amostragem, ainda seja possível identificar picos de tráfego, mesmo em coletas periódicas em menor tempo.

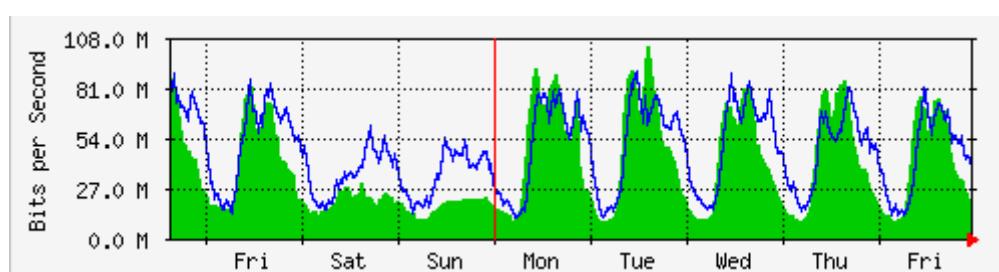


Figura 25 – Exemplo de coleta por dia da semana na matriz no Rio de Janeiro

## 5.4 MECANISMOS DE QOS

Em relação às garantias de *QoS* (*Quality of Service*), os *switches* do *backbone* possuem os padrões *IEEE 802.1p* e *802.1Q*, o que torna possível separar o tráfego em *VLAN's* e priorizar os pacotes de voz. Atualmente, são usadas múltiplas *VLAN's* e nenhum mecanismo de *QoS* para o tráfego de rede.

Entre os roteadores, são usados servidores com o sistema operacional *Linux*. Neste caso, podem ser usados mecanismos de *DiffServ* com auxílio da ferramenta *IPTables* para a priorização do tráfego de voz.

As questões de configuração de *QoS* em *switches* e roteadores não serão abordados no cenário do estudo de caso em virtude de não estarem sendo usadas, fazendo com que o planejamento de capacidade da rede tenha o foco principal.

## 5.5 PLANEJAMENTO DE CAPACIDADE DA REDE

Será aplicada a metodologia, definida no capítulo 4, para implantar serviços *VoIP* na matriz localizada no Rio de Janeiro. Com os valores resultantes da aplicação da metodologia, será possível realizar a simulação das chamadas e a medição da qualidade das ligações.

## 5.6 CÁLCULO DE *HMM*

A intensidade de tráfego medida através da coleta de registros do *PBX*, mostra que cada ramal telefônico da matriz no Rio de Janeiro possui 0,020 *erlangs* em hora de maior movimento. O cálculo é demonstrado abaixo [48, 54]:

$$\text{Matriz} = N_{\text{chamadas}} \cdot T_{\text{chamada}} / N_{\text{ramais}} / 3600$$

$$\text{Matriz} = (278,34) \cdot 60 / 231 / 3600$$

$$\text{Matriz} = 0,020e$$

Onde:

- $N_{chamadas}$  - corresponde a média do número de chamadas na hora de maior movimento.

Conforme dados empíricos acumulados podem ser feitas 6402 ligações em cada hora de maior movimento durante 23 dias úteis. Portanto, o número médio de chamadas é igual a  $6402/23$ , o que resulta em 278,34 ligações por *HMM*;

- $T_{chamada}$  - corresponde a duração média das chamadas (60 segundos);
- $N_{ramais}$  - corresponde ao número total de ramais;
- 3600 - para obter o resultado em *Erlangs*.

Sabendo-se a intensidade de tráfego de cada ramal, é possível calcular o tráfego total oferecido na hora de maior movimento [48]:

$$TrafOferecido = TrafRamal \cdot Ramais$$

$$TrafOferecido = 0,020 \cdot 231$$

$$TrafOferecido = 4,62e$$

A intensidade de tráfego total de 4,62e não corresponde a distribuição dos ramais na matriz no Rio de Janeiro. O valor só seria válido se todos os ramais estivessem disputando o mesmo grupo de linhas.

No caso de *VoIP*, a segmentação da rede tem a função de criar vários grupos de linhas. Na matriz no Rio de Janeiro, os segmentos conectados por fibras poderiam ser considerados como grupo de linhas (troncos). Sendo assim, a intensidade de tráfego deveria ser calculada para cada um destes segmentos. Não está sendo considerado o tráfego entre ramais dentro do mesmo segmento. Observa-se que se um mesmo grupo de linhas respondesse por todo o tráfego, com GoS de 1%, seriam necessárias apenas 8 linhas. Fazendo o cálculo por segmento, o

número de linhas necessárias passaria a ser de 22. Isto ocorre devido ao número de fontes originadoras de tráfego. Na aplicação da fórmula de *Erlang B*, quanto maior o número de fontes originadoras, maior será a taxa de ocupação das linhas [43, 44, 45, 46, 47, 54].

## 5.7 DEFINIÇÃO DO GOS

Foi definido que o GoS será de  $P0.01$ , ou seja, que 1% de probabilidade de que alguma ligação seja bloqueada. Mesmo que o conceito de bloqueio em uma rede de pacotes não seja o mesmo do que em uma rede baseada em circuitos, pode-se usar um mecanismo de controle de admissão de chamadas (*Call Admission Control*). Este mecanismo de controle pode estar localizado no *SIP proxy*. Com isto, ao ser detectado o número máximo de ligações simultâneas, calculado previamente, não serão mais permitidas novas ligações pois poderia tornar a qualidade de todas as outras ligações inaceitáveis em face ao esgotamento dos recursos de rede [47, 54] .

Em arquiteturas que utilizam *gateways*, o GoS vai ser dependente do número de troncos disponíveis. O mecanismo de controle de admissão de chamadas no *proxy SIP Asterisk*, é através da diretiva de configuração ***call\_limit***, que limita o número de ligações simultâneas [47, 54].

## 5.8 APLICAÇÃO DA FÓRMULA DE *ERLANG B*

A aplicação da fórmula de *Erlang B* torna possível descobrir quantas linhas seriam necessárias para comportar determinada intensidade de tráfego telefônico [48, 49, 53, 54].

$$\text{CircuitErlB}(\text{tráfego HMM em erlangs ; GOS})$$

*CircuitErlB(0,020 ; 0,01)*

*CircuitErlB=6 linhas*

Pode-se ser observado que foi utilizada a correspondência entre a coluna GOS com valor de 0,010 e o resultado do cálculo da hora de maior movimento de 0,020 trazendo uma aproximação no pior caso de 6 linhas, como está demonstrado na figura abaixo:

N	0.01%	0.02%	0.03%	0.05%	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	0.9%	1.0%
1	.0001	.0002	.0003	.0005	.0010	.0020	.0030	.0040	.0050	.0060	.0070	.0081	.0091	.0101
2	.0142	.0202	.0248	.0321	.0458	.0653	.0806	.0937	.105	.116	.126	.135	.144	.153
3	.0868	.110	.127	.152	.194	.249	.289	.321	.349	.374	.397	.418	.437	.455
4	.235	.282	.315	.362	.439	.535	.602	.656	.701	.741	.777	.810	.841	.869
5	.452	.527	.577	.649	.762	.900	.994	1.07	1.13	1.19	1.24	1.28	1.32	1.36
6	.728	.832	.900	.996	1.15	1.33	1.45	1.54	1.62	1.69	1.75	1.81	1.86	1.91
7	1.05	1.19	1.27	1.39	1.58	1.80	1.95	2.06	2.16	2.24	2.31	2.38	2.44	2.50

Figura 26 – Tabela de Erlang [49].

## 5.9 TIPO DE CODEC

O codec G.711 foi o escolhido para trabalhar pois além de ser grátil, possui a melhor qualidade de voz, sendo preferível em casos onde a largura de banda não é problema. Além disto, o codec G.711 tem um bom desempenho em relação a perdas de pacotes e possui tempo de codificação e processamento muito baixo [44].

## 5.10 O NÚMERO DE AMOSTRAS POR PACOTE

O número de amostras por pacote é dependente da incidência de erros e do atraso da rede. Quanto maior o número de amostras de voz por pacote, maior o atraso e maior o prejuízo para a conversação, em caso de perdas. Serão utilizadas 3 amostras por pacote, tendo cada pacote 240 bytes de carga útil (voz) com o uso do codec G.711 sendo carregado para efeito de amostragem com 3 amostras por

pacote, cada ligação ocuparão 169,6 *kbits* sendo 84,8 *kbits* em cada sentido da chamada.

### 5.11 SUPRESSÃO DE SILENCIO

A supressão de silêncio pode ser ativada ou não nos terminais e tem a finalidade de diminuir a largura da banda utilizada sendo mais utilizada em casos onde a largura de banda não é um problema, portanto não será feito esse cálculo [46].

### 5.12 CÁLCULO DA LARGURA DE BANDA

Para realizar o cálculo do consumo de largura de banda necessária para poder utilizar os serviços de *VoIP* da filial no Rio de Janeiro primeiro tornou-se necessário descobrir o gasto utilizado pelo codec G.711, com pacotes de 64kbps cada, para um consumo de um consumo de 95,2 *kbits*, que ao se projetar através da calculadora de Erlang no portal erlang.com [51] totalizou necessidade de 7600 *kbps*, ou seja, aproximadamente 7,6 *Mbps* de consumo de largura de banda para o codec . A isso podemos somar o consumo feito pelo canal de telefonia analógica relacionado aos ramais aos quais têm uma intensidade média de uso de 0,020e cada tendo 231 ramais gerando um tráfego na *HMM* de 38,5e utilizando-se o codec G.711 dá uma banda de 4080 *kbps*, ou seja, aproximadamente 4,08 *Mbps*, resultado obtido através da calculadora de Erlang no portal erlang.com [52].

Usando o raciocínio anterior e somando-se a banda utilizada pelo codec com o consumo feito pela linha analógica daria 7,6Mb + 4,08Mb seria igual a 11,68Mb de banda excedente, no pior caso, ou seja, se todos utilizarem todos os ramais ao mesmo tempo, para podermos ter condições de utilizar a tecnologia de *VoIP*.

O resultado final para todos os segmentos realizados até aqui está representado na tabela abaixo:

Tabela 3 – Resultados Obtidos

Descrição	Valor
Horas de tráfego em 1h	1e
Intensidade de tráfego em 1 h	0,5e
Tempo Médio de duração das chamadas	120s
Hora de Maior Movimento ( <i>HMM</i> )	Entre 11 e 15h
Dia de maior movimento	Terça
Intensidade de Tráfego por ramal	0,020
Intensidade do Tráfego na <i>HMM</i>	38,5e
Consumo de Banda do codec G.711	95,2 Kbits
Intensidade do tráfego na matriz no Rio de Janeiro	0,020e
Tráfego total Oferecido para telefonia na hora de maior movimento	4,62e
Quantidade de linhas necessárias para comportar a intensidade do tráfego na matriz	6 linhas
Necessidade de banda para os pacotes de voz	7,66 Mb
Necessidade de banda para o tráfego do <i>PBX</i>	4,08 Mb
Quantidade de banda suficiente para o tráfego <i>VoIP</i>	11,68 Mb

## 6 ANÁLISE DO INVESTIMENTO

Acredita-se que o uso do Asterisk como solução para Central Telefônica IP alcance o objetivo principal que é diminuir custos com ligações telefônicas *DDD* (Discagem Direta à Distância), *DDI* (Discagem Direta Internacional), celular e também com o serviço de manutenção de Telefonia na matriz no Rio de Janeiro e nas filiais nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Brasília.

Tabela 4 – Gastos mensais com Telefonia da Matriz no Rio de Janeiro – Setembro de 2013

DESCRÍÇÃO DAS DESPESAS	VALORES
Valor contrato de manutenção PBX e telefonia	R\$ 2.500,00
Valor ligação DDD	R\$ 6.753,15
Valor ligação DDI	R\$ 438,43
Valor ligação Celular	R\$ 14.784,45
<b>Despesas Rio de Janeiro</b>	<b>R\$ 24.476,03</b>

A tabela acima mostra alguns valores tirados da conta telefônica da Matriz do Rio de Janeiro, referente ao mês de setembro de 2013, sendo a soma dos valores do contrato de manutenção com as ligações para *DDD*, *DDI* e celular acumularam um total de R\$ 24.476,03.

Tabela 5 – Gastos mensais com Telefonia na Filial em São Paulo – Setembro de 2013

DESCRÍÇÃO DAS DESPESAS	VALORES
Valor contrato de manutenção PBX e telefonia	R\$ 2.500,00
Valor ligação DDD	R\$ 4.293,67
Valor ligação DDI	R\$ 289,91
Valor ligação Celular	R\$ 11.837,95
<b>Despesas São Paulo</b>	<b>R\$ 18.921,53</b>

A tabela acima mostra alguns valores tirados da conta telefônica da Filial de São Paulo, referente ao mês de setembro de 2013, sendo a soma dos valores do contrato de manutenção com as ligações para *DDD*, *DDI* e celular acumularam um total de R\$ 18.921,53.

Tabela 6 – Gastos mensais com Telefonia na Filial em Minas Gerais – Setembro de 2013

DESCRÍÇÃO DAS DESPESAS	VALORES
Valor contrato de manutenção PBX e telefonia	R\$ 2.500,00
Valor ligação DDD	R\$ 5.621,03
Valor ligação DDI	R\$ 672,89
Valor ligação Celular	R\$ 10.113,25
<b>Despesas Minas Gerais</b>	<b>R\$ 18.907,17</b>

A tabela acima mostra alguns valores tirados da conta telefônica da Filial em Minas Gerais, referente ao mês de setembro de 2013, sendo a soma dos valores do

contrato de manutenção com as ligações para *DDD*, *DDI* e celular acumularam um total de R\$ 18.907,17.

Tabela 7 – Gastos mensais com Telefonia na Filial em Brasília – Setembro de 2013

<b>DESCRÍÇÃO DAS DESPESAS</b>	<b>VALORES</b>
Valor contrato de manutenção PBX e telefonia	R\$ 2.500,00
Valor ligação <i>DDD</i>	R\$ 7.606,08
Valor ligação <i>DDI</i>	R\$ 841,74
Valor ligação Celular	R\$ 16.821,85
<b>Despesas Brasília</b>	<b>R\$ 27.769,67</b>

A tabela acima mostra alguns valores tirados da conta telefônica da Filial em Brasília, referente ao mês de setembro de 2013, sendo a soma dos valores do contrato de manutenção com as ligações para *DDD*, *DDI* e celular acumularam um total de R\$ 27.769,67.

Tabela 8 – Gastos mensais da Instituição – Setembro de 2013

<b>DESCRÍÇÃO DAS DESPESAS</b>	<b>VALORES</b>
Despesas Rio de Janeiro	R\$ 24.476.03
Despesas São Paulo	R\$ 18.921.53
Despesas Belo Horizonte	R\$ 18.907.17
Despesas Brasília	R\$ 27.769.67
<b>Total Geral com telefonia– Setembro 2013</b>	<b>R\$ 90.074.40</b>

A tabela acima faz um somatório dos gastos mensais com telefonia das localidades no Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais e Brasília, referente ao mês de setembro de 2013, perfazendo um total de R\$ 90.074,40.

Tabela 9 – Investimento feito com Infraestrutura

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
SERVIDOR HP PROLIANT	4	R\$ 6.306,88	R\$ 25.227,52
TELEFONE IP	630	R\$ 300,00	R\$ 189.000,00
BALUN	8	R\$ 100,00	R\$ 800,00
PLACAS FXO	4	R\$ 2.500,00	R\$ 10.000,00
CONVERSOR E1	4	R\$ 3.000,00	R\$ 12.000,00
<b>CUSTOS COM IMPLANTAÇÃO DE INFRAESTRUTURA</b>			<b>R\$ 237.027,52</b>

A tabela acima faz uma estimativa com aquisição de equipamentos como servidores, telefones *IP*, *Balun*, Placas e conversores, perfazendo um somatório de R\$ 237.027,52.

Tabela 10 – Economia estimada ao ano

DESCRIÇÃO	VALORES
CUSTO ANUAL ESTIMADO COM TELEFONIA	R\$ 1.100.000,00
DESPESAS IMPLANTAÇÃO INFRAESTRUTURA	R\$ 237.027,52
<b>ECONOMIA ESTIMADA AO ANO</b>	<b>R\$ 862.927,48</b>

A empresa possui hoje um total de 630 funcionários somando-se matriz e filiais, aos quais estão distribuídos em funções diversas. A perspectiva é prover um ramal por funcionário, o que resultaria num valor estimado para investimento com equipamentos, aparelhos, conectores, placas e outros um total de R\$ 237.027,52 e mesmo com esse alto custo inicial infere-se como válida a proposta de implantação da tecnologia pois se subtraímos ao custo anual estimado com telefonia de R\$ 1.100.000,00 teríamos uma economia aproximada ao ano de R\$ 862.927,48 com telefonia.

## 7 CONCLUSÃO

Todo o conceito mostrado neste trabalho, além de possibilitar maior amadurecimento tecnológico à empresa, abordou acerca do processo de implantação da tecnologia *VoIP*. Foram abordados os conceitos, a infraestrutura, os equipamentos necessários ao funcionamento, a economia obtida, também fazendo uma análise de impacto no uso de voz sobre IP na infraestrutura de redes existente.

O principal objetivo sempre foi reduzir os custos com telefonia e com contratos de manutenção e acabaram-se também incorporando-se diversos outros benefícios antes não existentes como: registro de chamadas, transferência de chamadas, correio de voz, identificador de chamadas, chamada em espera, não perturbe, bloqueio de ligações, secretaria eletrônica e outras.

Todo processo iniciará de forma prática após a aquisição de servidores, telefones *IP*, conectores, placas e conversores, aos quais serão distribuídos de acordo com um planejamento feito pela direção. Serão instalados e configurados para trabalhar em uma infraestrutura homogênea de comunicação de dados que está em funcionamento e interliga a matriz no Rio de Janeiro com as filiais em São Paulo, Minas Gerais e Brasília.

Traçando um paralelo entre o cenário que existe atualmente e o cenário que se pretende alcançar após a implantação de Voz sobre IP, na matriz no Rio de Janeiro, esperamos mudar a atual situação existente, principalmente sob alguns aspectos como: colocando um ramal por funcionário o que contrasta com a situação atual onde isso não existe, que se diminua drasticamente o valor das contas telefônica ao contrário da realidade atual onde os valores são altos, que deixemos de arcar com os altos custos do contrato de manutenção dos equipamentos PBX e infraestrutura telefônica transferindo ao setor de Informática da Empresa essa

responsabilidade, que se crie controles sobre as ligações efetuadas para telefones fixos, celulares, DDD e DDI o que hoje não existe .

Mesmo com todo o investimento a ser feito, foi demonstrada a viabilidade financeira e a economia a ser projetada já no primeiro ano seguinte ao início do uso da tecnologia de Voz sobre *IP* e também pode-se comprovar através de métodos consagrados que o uso de VoIP não traria sobrecarga à utilização de nossa rede de dados.

Por fim, espera-se que esse trabalho sirva como objeto de uso para empresas que possuam ambiente de comunicação parecido com o nosso, ao qual realizem um grande volume de ligações telefônicas feitas entre a matriz e as filias e que pretendam diminuir os custos em ligações.

## REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: informação e documentação. Citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002. 7p.
- [2] LINS, R. D.; BARBOSA, D. C. P.; NASCIMENTO, V. C. O. **VoIP Conceitos e Aplicações**. 1.ed. São Paulo: Brasport, 2011. 244 p.
- [3] KELLER, A. K. **Asterisk na Prática**. 2 ed. São Paulo: Novatec, 2011. 335 p. (**NBR 6023/2002**). 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência; Niterói: Intertexto, 2002.
- [4] MALUF, T.; ROBERTSON, A. G. **Serviço Fone@RNP**. 1.ed. Rio de Janeiro: RNP/ESR, 2013. 228 p.
- [5] BORDIM, J. L. **Introdução à Voz sobre IP e Asterisk**. 1.ed. Rio de Janeiro: RNP/ESR, 2010. 257 p.
- [6] KELLER, A. K. **Asterisk na Prática**. 2 ed. São Paulo: Novatec, 2011. 335 p. (**NBR 6023/2002**). 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência; Niterói: Intertexto, 2002.
- [7] MEGGELEN, J. V.; MADSEN, L.; SMITH, J. N. **ASTERISK THE FUTURE OF TELEPHONY** 1.ed. Rio de Janeiro: O'Reilly, 2007. 557 p.
- [8] FREITAS, C. V. C. **TELEFONIA IP: Proposta de implantação do serviço na UFPA baseada no padrão H.323**. Orientador: Prof. Antônio Jorge Gomes Abelém. Rio de Janeiro, 2005. 41 p. Monografia. (Pós-Graduação em Gerência de Redes e Tecnologias em Internet)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.
- [9] DUTRA, A. L. C. **IMPACTOS NA ADOÇÃO DO VOIP**. Orientador: Prof. Alexandre Guimarães de Campos Freitas. Rio de Janeiro, 2008. 50 p. Monografia. (Pós-Graduação em Gerência de Redes e Tecnologias em Internet)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.
- [10] TELECO. **Tutorial Telefonia IP**. Disponível em [http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialtelefoniaip/pagina\\_1.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialtelefoniaip/pagina_1.asp). Acesso em Setembro 2013.
- [11] TELECO. **Tutorial sobre VoIP**. Disponível em [http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialvoipconv/pagina\\_4.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialvoipconv/pagina_4.asp). Acesso em Setembro 2013.
- [12] CMVOICE. **VoIP, como surgiu**. Disponível em <http://cmvoice.wordpress.com/2010/08/16/uma-palavrinha-sobre-o-que-e-voip-e-como-surgiu>. Acesso em Setembro 2013.

- [13] RNP. **Introdução à Voz sobre IP e Asterisk.** Disponível em <http://esr.rnp.br/mid2#p/2>. Acesso em Setembro 2013.
- [14] SPENCER, M.; ALLISON, M.; RHODES, C. **The Asterisk Handbook.** 2003. Disponível em: <http://www.digium.com/handbook-draft.pdf>. Acessado em 01/09/2013
- [15] BASIC PBX FUNCTIONALITY. Disponível em <https://wiki.asterisk.org/wiki/display/AST/Basic+PBX+Functionality>
- [16] MALUF, T. **FILTRO TRANSPARENTE – Serviço de Seleção de rotas com melhor/menor custo no serviço de Telefonia.** Orientador: Prof. Paulo Henrique de Aguiar Rodrigues. Rio de Janeiro, 2013. 75 p. Monografia. (Graduação Bacharelado em Informática)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.
- [17] SOUZA, A. A. D. P. **Integração de Qualidade de Voz a Gateway Asterisk.** Orientador: Prof. Paulo Henrique de Aguiar Rodrigues. Rio de Janeiro, 2008. 64 p. Monografia. (Graduação Bacharelado Ciência da Computação)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.
- [18] FOROUZAN, A. B. **Comunicação de Dados e Redes de Computadores.** 4.ed. São Paulo: McGrawHill, 2008. 1048 p.
- [19] IETF, RFC 1889. **RTP: Transport Protocol for Real-Time Applications,** Janeiro, 1996.
- [20] SCHULZRINNE, H., **RTP Homepage.** Homepage com diversas informações sobre o protocolo RTP. Disponível em <<http://www.cs.columbia.edu/~hgs/rtp/>>. Acessado em 01/09/2013
- [21] COMER, D. E. **Interligação em Rede com TCP/IP Volume I.** 3.ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1998.
- [22] Informações sobre IP, PBX, SIP e VoIP. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/comunidade/ip-codecs/717663/>>
- [23] Protocolo de Iniciação de Sessão. Disponível em: <[http://www.gta.ufrj.br/grad/11\\_1/sip/AplicacoesdoSIP.html](http://www.gta.ufrj.br/grad/11_1/sip/AplicacoesdoSIP.html)>
- [24] AGUIAR – SIP – Telefonia IP. Disponível em: <http://www.voip.nce.ufrj.br/cursos/images/files/mab618/sip-complemento1.pdf>. Acesso em outubro de 2013.
- [25] IETF, RFC 2543. **SIP: Session Initiation Protocol,** Março, 1999.
- [26] IETF, RFC 3261. **SIP: Session Initiation Protocol,** Junho, 2002.
- [27] IETF, RFC 2960. **SCTP: Stream Control Transmission Protocol,** Outubro, 2000.

- [28] IETF, RFC 5456. **IAX2: Inter-Asterisk Exchange Version 2**, Fevereiro, 2010.
- [29] IETF, RFC 2327. **SDP: Session Description Protocol**, Abril, 1998.
- [30] IETF, RFC 4566. **SDP: Session Description Protocol**, Julho, 2006.
- [31] GONÇALVES, F. A., **Asterisk PBX – Guia de Configuração**. Disponível em <<http://www.taioque.com.br/linux/Livro%20Asterisk%20Curso%20Completo.pdf>>. Acessado em 14/09/2013
- [32] SIP. Disponível em: <[http://www.gta.ufrj.br/grad/06\\_1/sip/ArquiteturaSIP.html](http://www.gta.ufrj.br/grad/06_1/sip/ArquiteturaSIP.html)>
- [33] COLCHER, et al. **VoIP: Voz sobre IP**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 281f.
- [34] MAXWELL. **O protocolo SIP**. Disponível em: [http://www.maxwell.lambda.ele.puc.rio.br/7065/7065\\_3.PDF](http://www.maxwell.lambda.ele.puc.rio.br/7065/7065_3.PDF). Acesso em Setembro 2013.
- [35] KUROSE, F.J. ROSS, W.K. **Redes de computadores e a Internet**. 3. ed. São Paulo 2006. 656 f.
- [36] IETF, RFC 2616. **HTTP: Hypertext Transfer Protocol**, Junho, 1999.
- [37] IETF, RFC 2821. **SMTP: Simple Mail Transfer Protocol**, Abril, 2001.
- [38] COMER, D. E. **Redes de Computadores e Internet**. 4.ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2007 p. 453.
- [39] IETF, RFC 2821. **DNS: Domain Names**, Abril, 2001.
- [40] Como VoIP funciona. Disponível em: <<http://informatica.hsw.uol.com.br/questao773.htm>>
- [41] Meggelen, Jim Van; Smith, Jared; Madsen, Leif, *O Futuro da Telefonia*, editora Alta Books, Edição 2005.
- [42] Características Equipamentos. Disponível em: <<http://www.datacabos.com.br/>>
- [43] Traffic Analysis for Voice over IP. Disponível em : <[http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/solutions\\_docs/voip\\_solutions/TA\\_ISD.html](http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/solutions_docs/voip_solutions/TA_ISD.html)>
- [44] Voice over IP performance monitoring. Disponível em: <<http://ccr.sigcomm.org/archive/2001/apr01/ccr-200104-cole.pdf>>

- [45] Voice over IP Network Performance Monitor. Disponível em:  
[<http://www.freepatentsonline.com/6850525.pdf>](http://www.freepatentsonline.com/6850525.pdf)
- [46] Medición de demanda y de capacidad en redes IP. Disponível em:  
[<http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/23427/Documento\\_completo.pdf?sequence=1>](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/23427/Documento_completo.pdf?sequence=1)
- [47] GONCALVES, A. R. **Método para planejamento de capacidade de redes atm baseado em simulação.** Master's thesis, Programa de Pós-Graduação em Computação, UFRGS, Porto Alegre, Brasil, ano 2000.
- [48] LEANDRO C. G.; LEANDRO S. G.; PAULO H. de A. RODRIGUES; EDJAIR DE S. MOTA. **Utilização do Modelo E Para Avaliação da Qualidade da Fala em Sistemas de Comunicação Baseados em Voz sobre Ip.** Laboratório de Voz sobre IP – Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal do Amazonas e Laboratório de Voz sobre IP – Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, ano 2002.
- [49] Tabela de Erlang. Disponível em:  
[<http://www.erlang.com.br/download/ErlangB.PDF>](http://www.erlang.com.br/download/ErlangB.PDF)
- [50] Tutoriais de VoIP – QoS para VoIP. Disponível em:  
[<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialqosvoip1/pagina\\_1.asp>](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialqosvoip1/pagina_1.asp)
- [51] Cálculo de Banda utilizado pelo codec G.711. Disponível em:  
<http://www.erlang.com/calculator/lipb/>
- [52] Cálculo de Banda do codec na HMM . Disponível em:  
<http://www.erlang.com/calculator/eipb/>
- [53] SOUZA, A. A. D. P. **Avaliação e Extensão do Modelo E para monitoramento de Qualidade em Tempo Real.** Orientador: Prof. Paulo Henrique de Aguiar Rodrigues. Rio de Janeiro, 2011. 125 p. Dissertação de Mestrado em Tecnologia da Informação-Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.
- [54] MONKS, E.M., ROCHOL, J., COSTA, A.C.R. **Metodologia para o Planejamento de Capacidade de Redes Corporativas para Implantação de Serviços VoIP.** Artigo, Instituto de Informática-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.