

LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO DO RN
ESPECIALIZAÇÃO EM REDES DE COMPUTADORES

ESTUDOS E RESULTADOS NA IMPLANTAÇÃO DO SERVIÇO VOIP NO IFRN

IGOR AUGUSTO DE CARVALHO ALVES

NATAL/RN
2011

IGOR AUGUSTO DE CARVALHO ALVES

ESTUDOS E RESULTADOS NA IMPLANTAÇÃO DO SERVIÇO VOIP NO IFRN

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Redes de Computadores da Faculdade Natalense para o Desenvolvimento do Rio Grande do Norte como requisito para obtenção do título de Especialista em Redes de Computadores.

Professor Orientador:
Aluizio Ferreira da Rocha Neto, M.Sc.

NATAL/RN
2011

LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO DO RN
ESPECIALIZAÇÃO EM REDES DE COMPUTADORES

IGOR AUGUSTO DE CARVALHO ALVES

ESTUDOS E RESULTADOS NA IMPLANTAÇÃO DO SERVIÇO VOIP NO IFRN

Monografia apresentada e aprovada em ____ de _____ de _____, pela banca examinadora
composta pelos seguintes membros.

Aluizio Ferreira da Rocha Neto, M.Sc.
Orientador

Membro examinador

Membro examinador

Natal/RN
2011

RESUMO

Este trabalho apresenta uma solução de telefonia VoIP para o IFRN que visa a redução de custos em ligações telefônicas, aproveitando-se da atual infraestrutura da rede de dados da instituição. Baseia-se no uso de um sistema híbrido que combina solução proprietária Audiocodes e um PABX IP Asterisk sobre licença GPL. São analisados os custos de implantação do projeto, a redução dos custos em ligações e o impacto gerado para a instituição.

Palavras chaves: VoIP, PABX IP, Media Gateway, Asterisk.

ABSTRACT

This paper presents a solution for VoIP telephony IFRN aimed at reducing costs in telephone calls, taking advantage of the current data network infrastructure of the institution. It is based on the use of a hybrid system that combines a proprietary solution and Audiocodes IP PBX Asterisk on GPL license. Analyzing the cost of the project implementation, reducing costs and impact on leads generated for the institution.

Keywords: VoIP, PABX IP, Media Gateway, Asterisk.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	A instituição IFRN	10
1.2	A solução PROPOSTA	11
1.3	Objetivos Gerais.....	11
1.3.1	Objetivos específicos.....	11
1.4	Justificativa.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1	Visão geral da rede de telefonia tradicional	13
2.1.1	Discagem Direta a Ramal (DDR).....	14
2.1.2	Sinalização RPTC (Rede Telefônica Pública Comutada)	15
2.1.3	Arquitetura IP	18
2.1.4	O Protocolo IP	21
2.1.5	TCP e UDP	21
2.2	VOIP.....	21
2.3	Digitalização da Voz	22
2.3.1	Empacotamento de voz no Protocolo IP	22
2.3.2	Supressão de silêncio	23
2.4	Estabelecimento e manutenção de Chamadas VoIP	23
2.4.1	Protocolos de controle do meio físico	24
2.4.2	Protocolos de sinalização de conexão	24
3	O SERVIÇO VOIP DO IFRN.....	28
3.1	Investimentos do projeto	30
3.1.1	Gateway VoIP MP114 Audiocodes	31
3.1.2	Gateway VoIP Mediant 1000 Audiocodes.....	31
3.1.3	IPfone Yealink.....	32
3.1.4	Tabela de custo total do projeto	33
3.2	Plano de numeração.....	33
3.3	Esquematização dos registros dos telefones IP	34
3.3.1	Registro com o enlace e o Asterisk operacionais	34
3.3.2	Registro dos telefones modo de sobrevivência	35
3.4	Ligações	36
3.4.1	Ligações entre ramais.....	36
3.4.2	Chamada externa local	40
3.4.3	Chamada entrante	41
4	BENEFÍCIOS ESPERADOS	42

4.1	Análise das contas do Campus Natal Central e Reitoria	42
4.2	Análise das ligações do Campus Zona Norte.....	45
4.3	Análise das ligações do Campus Mossoró	47
4.4	Análise das contas telefônicas do Campus Natal Cidade Alta.....	49
4.5	Análise das contas telefônicas do Campus Macau	51
4.6	Considerações quanto ao campus de Apodi, São Gonçalo, Nova cruz e Parnamirim	52
4.7	Considerações a respeito do Campus Caicó, Currais Novos, Pau dos Ferros, Ipanguaçu, João Câmara e Santa Cruz	53
4.8	Análise geral do benefício e retorno do investimento	53
4.9	Recomendação de melhoria do projeto	54
6	CONCLUSÕES.....	56
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 1: Mapa dos Campi do IFRN no RN.....	9
Figura 2: Organização hierárquica da telefonia tradicional.....	14
Figura 3: Teclado DTMF.....	15
Figura 4: Chamada telefônica clássica.	17
Figura 5: Modelo OSI x TCP/IP.....	19
Figura 6: Troca de mensagens SIP.	26
Figura 7: Troca de mensagens diretas SIP.....	27
Figura 8: Sistema de telefonia atual.	28
Figura 9: Cenário padrão de interconexão com a PSTN.	29
Figura 10: Cenário com Mediant 1000.....	29
Figura 11: Topologia geral da solução a ser adotada.	30
Figura 12: Gateway MP114.....	31
Figura 13: Gateway Mediant 1000.	31
Figura 14: Telefone VoIP.	32
Figura 15: Registro de IPfone no Asterisk.	35
Figura 16: Registro de IPfone no Gateway VoIP.	36
Figura 17: Ligação entre ramais com link operacional.	37
Figura 18: Ligação entre ramais com link destino falho.	38
Figura 19: Ligação entre ramais com link de origem falho.....	39
Figura 20: Ligação para fora do IFRN.	40
Figura 21: Ligação entrante de um usuário externo.	41
Figura 22: Distribuição das ligações Natal Central e Reitoria.	43
Figura 23: Distribuição das ligações interurbanas Natal Central e Reitoria.	44
Figura 24: Distribuição das ligações locais Natal Centro e Reitoria.	44
Figura 25: Distribuição das ligações do Campus Zona Norte.	45
Figura 26: Distribuição das ligações interurbanas.....	46
Figura 27: Distribuição das ligações Locais Fixo.	47
Figura 28: Distribuição das ligações do campus Mossoró.	48
Figura 29: Distribuição das ligações interurbanas em Mossoró.....	48
Figura 30: Distribuição das ligações do Campus Natal Cidade Alta.	49
Figura 31: Distribuição das ligações interurbanas do campus Cidade Alta.	50
Figura 32: Distribuição das ligações locais do campus Cidade Alta.....	50
Figura 33: Distribuição das ligações do Campus Macau.	51
Figura 34: Distribuição das ligações interurbanas do Campus Macau.....	52
Figura 35: Distribuição das ligações celular.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SIMBOLOS

IFRN	Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
VoIP	Voice over Internet Protocol
PABX	Private Automatic Branch eXchange
DTMF	Dual Tone Multi-Frequency
DDR	Discagem Direta a Ramal
PSTN	Public Switched telephone network
RTPC	Rede de telefonia pública comutada
SIP	Session Initiation Protocol

1 INTRODUÇÃO

O IFRN - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - atua na educação técnica e tecnológica em todo o RN, é uma instituição secular, que, inicialmente, contava apenas com o campus natal central e posteriormente com o campus de Mossoró.

Com o projeto de expansão dos Institutos Federais, o IFRN passou a contar com 16 campi remotos espalhados por todo o Rio Grande do Norte. A distância física entre os diversos campi do IFRN gera custos elevados com transporte, Internet e Telefonia.

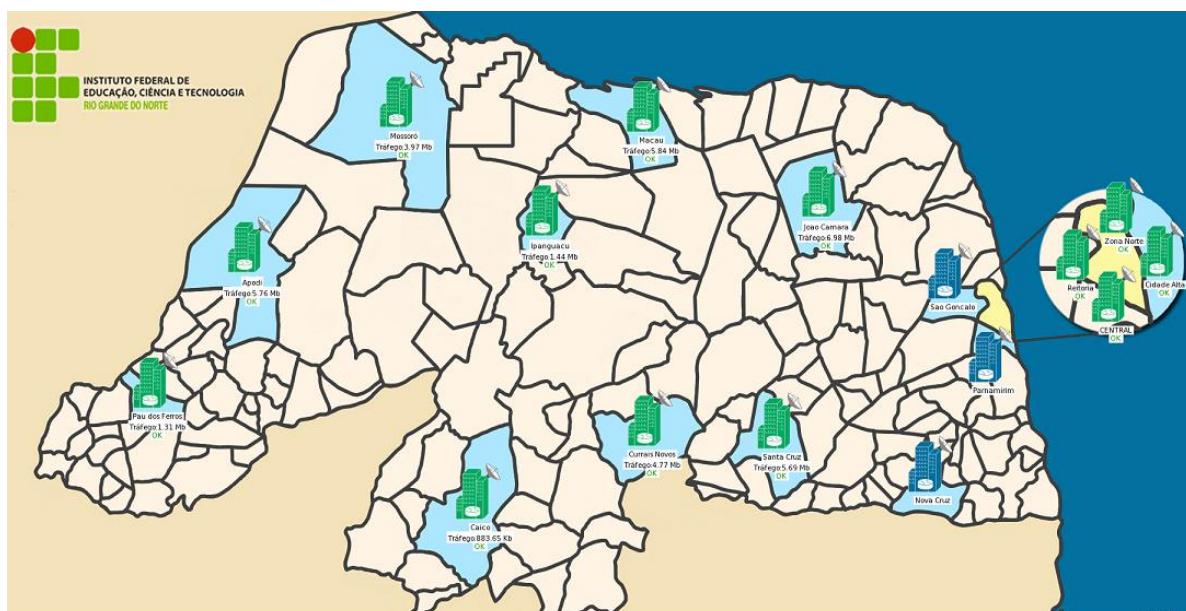


Figura 1: Mapa dos Campi do IFRN no RN.

Para melhor gerenciamento dos serviços de TI oferecidos na rede da instituição – tais como, políticas de acesso, servidores de arquivo, Intranet, entre outros - a Diretoria de Gestão de TI do IFRN propôs uma solução para a rede de dados que se baseia na contratação de enlaces de rádio a 6 Mbps, conectando cada campus remoto ao campus natal-central, onde existe um link de saída com a rede RNP. Tal solução é mostrada na figura 1.

Nesse cenário surge a possibilidade de criação de um mecanismo que minimize a utilização da rede pública de telefonia, afim de reduzir os custos com ligações telefônicas. A integração do serviço VoIP na rede do IFRN utilizará a infraestrutura de rede apresentada para transporte de voz.

1.1 A INSTITUIÇÃO IFRN

A história desta instituição começou em 1910 no antigo Hospital da Caridade, onde atualmente funciona a Casa do Estudante de Natal, a Escola de Aprendizizes Artífices oferecia curso primário, de desenho e oficinas de trabalhos manuais.

Em 1914, a instituição transfere-se para a Avenida Rio Branco, ocupando, durante 53 anos, o edifício n.º 743, construído no início do século XX, anteriormente ocupado pelo Quartel da Polícia Militar.

Com a inauguração da sua nova sede, na Avenida Senador Salgado Filho, no bairro do Tirol, a escola transfere-se em 1967 para as instalações onde hoje funciona o Campus Natal-Central do IFRN, recebendo, no ano seguinte, em 1968, a denominação de Escola Técnica Federal do Rio Grande do Norte.

Com o passar dos anos, a ETFRN extingue os cursos industriais básicos e passa a concentrar-se no ensino profissionalizante de 2º grau.

Em 1994, inicia-se o processo de "cefetização" da ETFRN, culminando, em 1999, com sua transformação em Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET), cujos desafios incluíam a oferta de educação profissional nos níveis básico, técnico e tecnológico, além do ensino médio. Sua atuação no ensino de 3º grau começou com a oferta de cursos de graduação tecnológica, ampliando-se, posteriormente, para os cursos de formação de professores, as licenciaturas. Mais recentemente, a instituição passou a atuar também na educação profissional vinculada ao ensino médio na modalidade de educação de jovens e adultos e no ensino a distância.

A expansão da rede federal de educação tecnológica no Rio Grande do Norte teve início em 1994 com a inauguração da Unidade de Ensino Descentralizada de Mossoró. Doze anos depois, o Ministério da Educação, por meio da Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC), amplia a atuação da rede federal no Estado, implantando, em 2006, as Unidades de Ensino da Zona Norte de Natal, de Ipanguaçu e de Currais Novos.

Em 2007, entra em ação a segunda etapa do Plano de Expansão da Rede, no qual o Rio Grande do Norte passa a contar com outras seis unidades, inauguradas em 2009 nos municípios de Apodi, Pau dos Ferros, Macau, João Câmara, Santa Cruz e Caicó.

Prestes a completar seu primeiro centenário, em 23 de setembro de 2009, a instituição adquire nova configuração com a transformação em Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, decorrente da lei n.º 11.892, de 29/12/2008.

Hoje o IFRN conta com 16 unidades (Natal-Central Natal-zona norte, Natal-Cidade alta, Pau dos Ferros, Apodi, Mossoró, Ipanguaçu, Macau, Caicó, Currais Novos, Santa Cruz, João Camara, São Gonçalo, Parnamirim, Nova Cruz, Ensino à Distância) e tem por função social promover educação científico-tecnológico-humanística visando à formação integral do profissional-cidadão. Isto tem significado, ao longo de toda a história da instituição, um esforço para propiciar a seus alunos um ambiente propício à reflexão crítica sobre a conjuntura em que estão inseridos e a profissão que escolheram, de modo a se transformarem em agentes de uma sociedade mais justa e igualitária.

1.2 A SOLUÇÃO PROPOSTA

Para a implantação do serviço de telefonia VoIP, foi adotado o uso de conversores de media (media gateways) audiocodes capazes de integrar a rede de telefonia IP à rede PSTN (rede pública de telefonia). Os equipamentos adquiridos, apesar de prover muitos recursos, não possuem algumas funcionalidades típicas de um PABX IP como controle de chamadas, correio de voz, atendimento automático, entre outras coisas. Sendo assim, foi adotado o uso de um servidor Asterisk que é capaz de integrar tais funcionalidades.

Os conversores de media atuam também como proxy para o PABX IP, sendo assim, recebem as requisições de registro, o que no caso de perda de link, consegue manter os recursos básico em funcionamento.

1.3 OBJETIVOS GERAIS

Por estar geograficamente distribuído em todo o estado, o IFRN tem elevados custos com ligações telefônicas, a solução VoIP tem o objetivo de reduzir esses custos. Este trabalho, por sua vez, tem o objetivo de realizar um estudo dessa solução visualizando o custo benefício do projeto e possíveis melhorias no serviço.

Objetiva também servir como documentação do serviço de VoIP para a equipe de TI do IFRN.

1.3.1 Objetivos específicos

Para atingir os objetivos gerais deste trabalho, as seguintes análises foram seguidas:

- Análise do custo de implantação do projeto:
 - Custos com equipamentos;
 - Custos com mudanças na infraestrutura de rede;
- Análise da redução em custos de ligação
- Análise do retorno do investimento

1.4 JUSTIFICATIVA

O que motivou a realização do trabalho foi a necessidade de verificar a viabilidade de implantação do serviço VoIP do IFRN, tal projeto tem seu custo de implantação, assim, uma análise detalhada é necessária para verificar se a solução adotada é benéfica para a instituição.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 VISÃO GERAL DA REDE DE TELEFONIA TRADICIONAL

Tudo que se escuta, incluindo a voz humana, está na forma analógica. Até algumas décadas a telefonia também se baseava em uma forma de transmissão analógica. Apesar de a comunicação analógica ser bastante adequada a interação humana ela não é aplicável em linhas de transmissão de grandes distâncias. (Davidson, 2008)

Com o passar do tempo, as redes de telefonia foram migrando para uma representação digital. O método PCM é o mais comumente utilizado para codificação da voz em um fluxo binário. Nas técnicas de amostragem é respeitado o teorema de Nyquist, que estabelece que é necessário retirar uma amostra com uma velocidade igual ao dobro da maior frequência utilizada para se obter uma boa qualidade da transmissão da voz. O PCM funciona da seguinte forma:

1. A onda analógica é passada através de um filtro passa-baixas afim de eliminar qualquer frequência superior a 4000 Hz. Utilizando o teoremas de Nyquist, será necessário amostrar a 8000 amostras por segundo a fim de obter uma boa qualidade de transmissão.
2. Após a amostragem o sinal é convertido à forma digital. A amostra é representada por um código que indica a amplitude da onda no instante em que a amostra foi retirada. A modulação PCM utiliza 8 bits para cada código e um método de compressão logarítmica que atribui mais bits aos sinais de baixa amplitude. Logo, se multiplicarmos as palavras de oito bits por 8000 vezes por segundo obteremos 64000 bits por segundo ou 64 Kbps. (Davidson, 2008)

A infraestrutura de rede telefônica tradicional é, hoje em dia, organizada baseado no posicionamento hierárquico de comutadores telefônicos.

Os comutadores são responsáveis pelo estabelecimento do canal de comunicação de forma a interligar fisicamente ou logicamente dois terminais.

De acordo com o posicionamento na rede, a central pode ser caracterizada em (Bernal, 2007)

- *Private Automatic Branch eXchange* (PABX) que é um comutador automático de ramais privados, os PABX são conectados com centrais locais públicas.
- Central de comutação local, que é responsável em prove comunicação entre a rede de acesso e a rede privada.
- Central tandem, responsável por realizar conexão entre diversas centrais locais.
- Central de transito, responsável por realizar conexões entre diversas centrais tandem, geralmente utilizada em âmbito nacional.

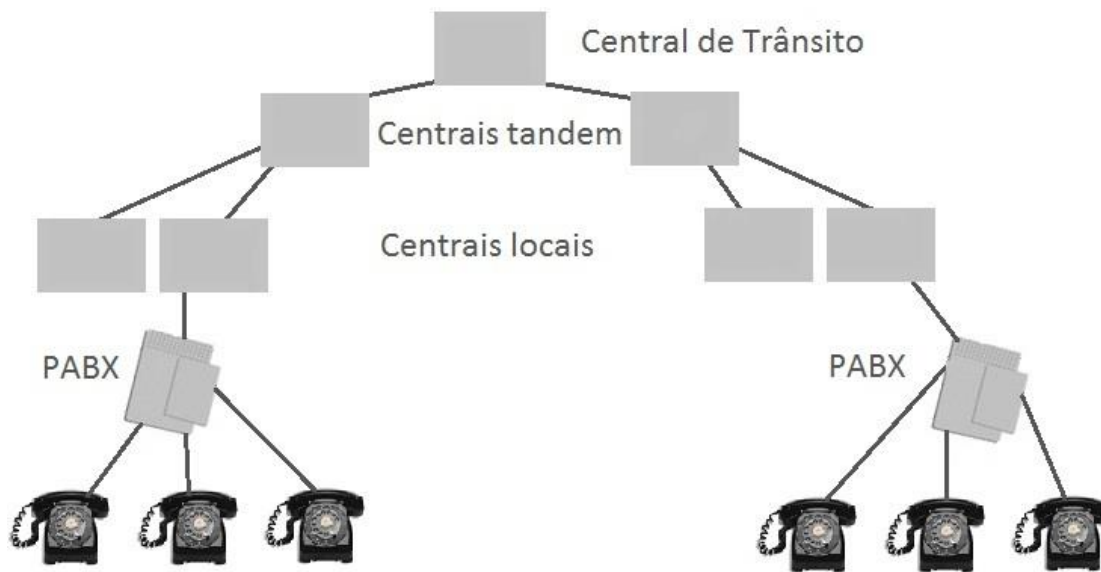


Figura 2: Organização hierárquica da telefonia tradicional.

2.1.1 Discagem Direta a Ramal (DDR)

O DDR é um serviço que permite o acesso direto de qualquer assinante da rede telefônica pública a um ramal privado, do tipo PABX, sem auxílio de uma operadora. Por exemplo, o número 4005-2603. Para o acesso através da rede pública, o número a ser discado deve ser 4005-2603, mas para o acesso pela rede privada (via PABX) basta discar o número 2603. (Bernal, 2007)

O DDR implementado num PABX funciona como se fosse uma unidade remota da central pública à qual está conectado. As linhas tronco DDR são unidirecionais e a conexão com a central telefônica local se processa por juntores. Assim, os números DDR fazem parte da série numérica da central pública e naturalmente, possuem a mesma quantidade de algarismos de um assinante comum. (Bernal, 2007)

2.1.2 Sinalização RPTC (Rede Telefônica Pública Comutada)

Quanto a sinalização na RTPC, o plano de sinalização é estabelecido pela troca de sinais usando diversos meios de transmissão. A troca de sinais pode ser então de forma analógica ou troca de mensagens codificadas, no caso da sinalização digital.

2.1.2.1 A Sinalização de Usuário

Quando um par trançado de cobre é utilizado como transporte, um usuário conecta-se a RTPC através de uma portadora analógica, RDSI (Rede digital de serviços Integrados) ou via um enlace E1.

O método mais comum para a sinalização analógica é o dual tone multi-Frequency (DTMF). O método DTMF é conhecido como sinalização in-band, pois os tons são transportados pelo mesmo caminho da voz.

O teclado DTMF é projetado baseado no uso de uma frequência alta e uma frequência baixa de forma que ao teclar um número o usuário envia um tom com as duas frequências, que serão decodificados pela central. (Davidson, 2008)

	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz
941 Hz	1	2	3	A
852 Hz	4	5	6	B
770 Hz	7	8	9	C
697 Hz	*	0	#	D

Figura 3: Teclado DTMF.

Outra forma de sinalização é conhecida como sinalização out-of-band. Nesse método, a sinalização é transportada em um canal separado do canal da voz. O canal no qual a voz é transportado é denominado canal bearer (ou canal B) e trabalha com 64Kbps. O canal para a sinalização é, por sua vez, chamada de canal de dados ou controle (canal D). (Davidson, 2008)

2.1.2.2 A Sinalização de Rede

A sinalização de rede é usualmente transportada através dos seguintes meios de transmissão:

- T1/E1 transportado sobre par trançado
 - T1 é um enlace de transmissão digital de 1.544 Mbps utilizado América do Norte e Japão.
 - E1 é um enlace de transmissão digital 2.048 Mbps normalmente utilizado na Europa e também no Brasil;
- T3/E3, T4 transmitidos via cabo coaxial.
 - Um enlace T3 compreende 28 T1s ou 672 conexões de 64Kbps, com uma taxa total de 44.736 Mbps.
 - Um enlace E3 compreende 16 E1s ou 512 conexões de 64Kbps, com uma taxa total de 34.368 Mbps.
 - Um enlace T4 compreende 168 T1s ou 4032 conexões de 64Kbps, com uma taxa total de 274.176 Mbps. T3 ou T4 transmitidos via um enlace de micro-ondas.
 - Rede SONET (*Synchronous Optical Network*) sobre fibra ótica. SONET é normalmente entregue nas taxas OC-3, OC-12, e OC-48, totalizando, respectivamente, 155.52 Mbps, 622.08 Mbps e 2.488 Gbps. (Davidson, 2008).

A sinalização de rede também utiliza um método de sinalização out-of-band conhecido como Sistema de Sinalização Número 7 (SS7 ou C7). Essa sinalização é utilizada para o envio de mensagens entre as centrais para controle básico de chamadas e para serviços CLASS. Os serviços CLASS ainda baseiam-se nas centrais locais e na rede SS7. A sinalização SS7 também é utilizada para conectar centrais e bancos de dados para serviços baseados na rede (por exemplo, serviços 0800 e portabilidade Numérica Local). (Davidson, 2008)

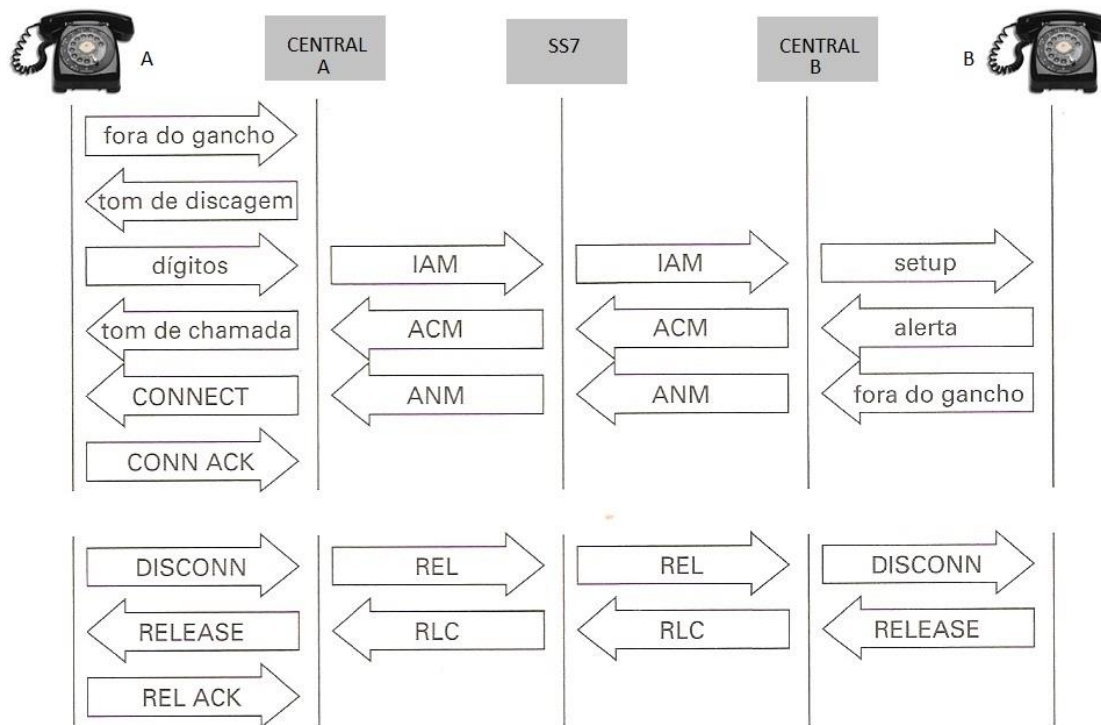


Figura 4: Chamada telefônica clássica.

Fonte: Davidson, 2008

Na figura 4 pode-se contemplar uma chamada telefônica clássica, onde:

1. Ao telefone A ser retirado do gancho é enviado um sinal (off-hook) para a central local.
2. A central envia de volta um tom de discagem (*dial tone*).
3. No telefone A é discado o número do telefone B, que é enviado *in-band* via DTMF.
4. A central interpreta os dígitos e envia uma mensagem IAM (*Initial Address Message*), ou mensagem de configuração inicial, para a rede SS7.
5. A rede SS7 lê a mensagem entrante IAM e envia uma nova IAM para a central B.
6. A central B envia uma mensagem de chamada/setup para o telefone B, o telefone começa a tocar.
7. Uma mensagem de alerta é enviado da central B de volta pela rede SS7 através de uma mensagem ACM (*Address Complete Message*).
8. A rede SS7 lê a mensagem entrante ACM e gera uma mensagem ACM para a central A.
9. No telefone A escuta-se o som de chamada e, dessa forma, sabe-se que o telefone B está chamando.
10. O telefone B é atendido, mandando uma mensagem de off-hook para a central B.

11. A central B envia uma mensagem ANM (*ANswer Message*) que é lida pelo SS7, e uma nova ANM é gerada para a central A.
12. Uma mensagem de conexão é enviada para o telefone A (somente se for um telefone RDSI¹) e uma confirmação de conexão é enviada de volta (novamente, somente se for um telefone RDSI). (Se não for RDSI, então as representações *on-hook* ou *off-hook* são sinalizadas para a central).
13. Quando o telefone A finaliza a chamada, o evento de fone no gancho é interpretado como desconexão, a qual é então traduzida em uma mensagem RELASE (REL) no lado SS7. Em resposta a uma mensagem RELEASE, a central do lado B libera os recursos associados à chamada e gera uma confirmação da operação na forma de uma mensagem RELEASE Complete (RLC). Quando a central A também libera os recursos, a desconexão da chamada é completada.

2.1.3 Arquitetura IP

Pode ser descrita pelo uso do modelo IP. O modelo descreve uma arquitetura baseada no modelo de referencia OSI de sete camadas. A Figura 5 mostra um comparativo entre o Modelo de Referência OSI de sete camadas com as camadas de softwares e protocolos implementadas pela arquitetura TCP/IP.

¹ Rede Digital Integrada de serviços – oferece recursos pertinentes existentes apenas em redes digitais.

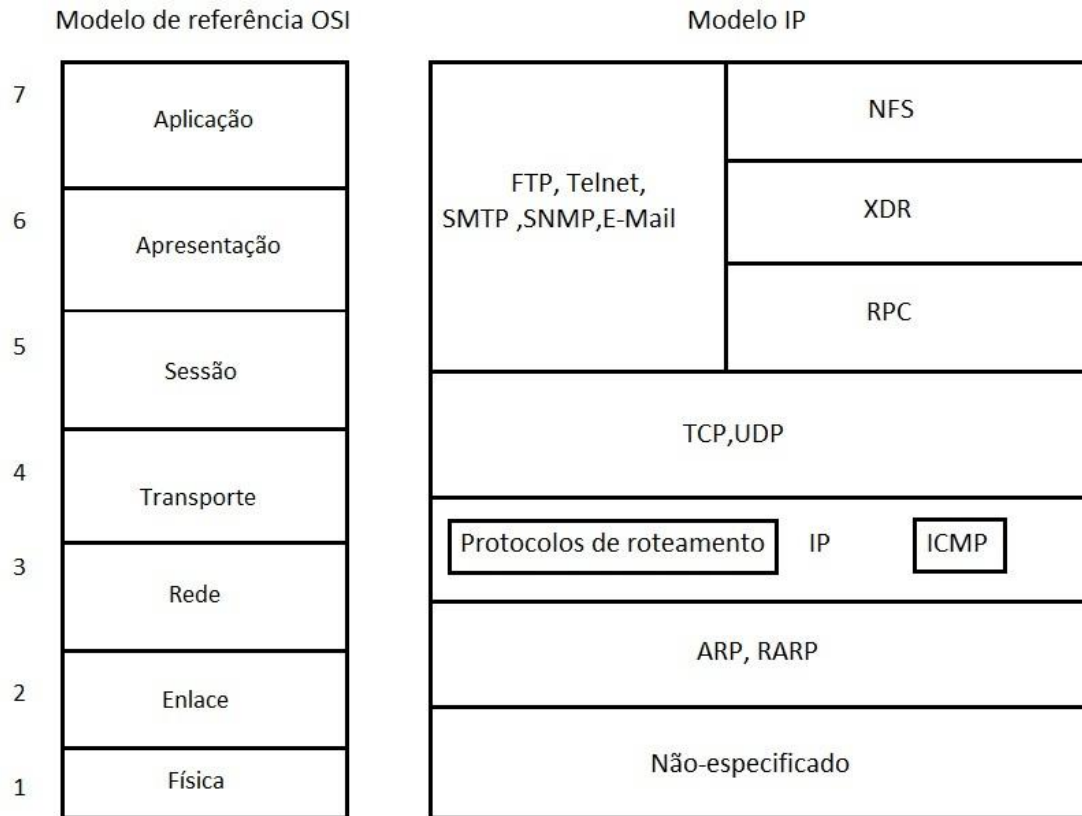


Figura 5: Modelo OSI x TCP/IP.

Fonte: Davidson, 2008.

2.1.3.1 Camada de Aplicação

Onde se encontram protocolos que definem as aplicações, tais como: E-mail, Navegação Web, Processamento de textos, etc..

2.1.3.2 Camada de Apresentação

Assegura que a informação enviada pela camada de aplicação de origem seja legível pela camada de aplicação do destino. Isso inclui:
Criptografia, Compressão, ASCII – EBCDIC

2.1.3.3 Camada de Sessão

Estabelece, gerencia e termina sessões, gerencia a troca de dados entre as entidades.

2.1.3.4 Camada de Transporte

Responsável por assegurar o transporte confiável de dados numa e entre redes. Isso é realizado através do controle de fluxo, verificação de erros, confirmações fim-a-fim, retransmissões e sequenciamento de dados.

Divididos em dois protocolos TCP e UDP, que oferecem um serviço orientado a conexão e um serviço não orientado a conexão, respectivamente.

2.1.3.5 Camada de Rede

Provê a função de endereçamento lógico que permite dois sistemas distintos em redes lógicas diferentes possam determinar um caminho possível de comunicação entre si. A camada de rede é a camada onde estão posicionados os protocolos de roteamento.

Na Internet atual, o endereçamento IP é de longe o sistema de endereçamento mais comum. A camada de rede tem como funções principais:

- Formação do pacote, endereçamento de redes e hosts, resolução de endereços e roteamento.
- Criação e manutenção de tabelas de roteamento.

2.1.3.6 Camada de Enlace

A camada de enlace provê o transporte confiável de dados através de um enlace físico. A camada de enlace tem o seu próprio esquema de endereçamento. O esquema de endereçamento está associado a conectividade física e pode transportar frames com base no endereço da camada de enlace.

Switches Ethernet tradicionais comutam o tráfego da rede baseando-se no endereço da camada 2. A comutação de tráfego baseada em um endereço de camada 2 é conhecido como bridging. Um switch é, portanto, uma bridge de alta velocidade com múltiplas interfaces.

2.1.3.7 Camada Física

Preocupa-se com a criação de 1s e 0s no meio físico por meio da mudança de impulsos/tensão elétricos. (Davidson, 2008)

2.1.4 O Protocolo IP

O IP por si só é um protocolo não-orientado a conexão que reside na camada 3, o que significa que não possui mecanismos de confiabilidade, controle de fluxo, sequenciamento ou confirmações. Outros protocolos como o TCP, podem operar sobre o IP e adicionar essas facilidades.

O IP é um protocolo de rajadas roteado, o que significa que aplicações operando sobre IP experimentam longos períodos de silêncio seguidos pela demanda de uma grande porção da largura de banda disponível. Uma das maiores vantagens do uso do IP é a habilidade de desenvolver uma aplicação que pode ser entregue através de um conjunto de meios físicos qualquer, independente disso acontecer através de uma conexão DSL ou uma linha empresarial T1.

Por serem roteados, os pacotes IP são enviados de forma independente, pelo menor caminho calculado para chegar ao destino. Assim, podem haver atrasos na propagação dos pacotes ou eles podem chegar desordenados, tornando a rede IP com uma performance e confiabilidade inferior as redes públicas de telefonia. (Davidson, 2008)

2.1.5 TCP e UDP

Para transportar o pacote IP é possível o uso de dois protocolos de transporte, o TCP ou o UDP. O TCP oferece um serviço Orientado a conexão, o que no VoIP pode ser utilizado para garantir a confiabilidade no estabelecimento de uma chamada, entretanto não é viável o uso do protocolo TCP no transporte do fluxo de voz em si. Em um fluxo VoIP a perda de pacotes é menos importante que a latência, dessa forma para transporte do fluxo da chamada é utilizado normalmente o protocolo UDP.

O UDP é um protocolo muito mais simples e é útil em situações onde os mecanismos de confiabilidade do TCP não são necessários. O UDP é também não orientado a conexão e tem um cabeçalho menor, o que se traduz em um overhead mínimo.

2.2 VOIP

A voz sobre IP ou VoIP (*Voice over Internet Protocol*) é uma forma de comunicação que se utiliza da infraestrutura de rede IP para transporte da voz. Tem o objetivo de promover uma forma alternativa aos sistemas tradicionais, mantendo as mesmas funcionalidades e

qualidade da rede pública de telefonia, mas permitindo novas aplicações, principalmente na integração de dados, voz e vídeo em uma única rede.

2.3 DIGITALIZAÇÃO DA VOZ

Para que a voz seja transmitida em um sistema de comunicação digital, deve haver um processo de digitalização pelo qual a voz é transformada inicialmente em amostragens do sinal original, e posteriormente cada amostragem é processada e convertida em um conjunto de bits codificados a serem transmitidos até o destino. (Bernal, 2007)

Amostrar um sinal significa medir periodicamente uma parcela integrante de um sinal contínuo, de modo que o sinal resultante torne-se pulsado, cujos pulsos têm um período de tempo. Esse processo permite converter o sinal contínuo num sinal discreto pulsado que pode ter a amplitude de cada um dos pulsos medida e codificada com o uso de código binário.

Existem muitos sistemas diferentes de codificação CODECs, entre eles: (Davidson, 2008)

- ITU-T G.711: Pulse Code Modulation (PCM) – taxa de 64 Kbps
- ITU-T G.726: Adaptive Differential PCM (ADPCM) – taxas de 16 a 40 Kbps
- ITU-T G.728: Low-Delay COde Excited Linear Prediction (LD-CELP) – Taxa 16 Kbps
- ITU-T G.729: Algebraic Code-Excited Linear Prediction (ACELP) – taxa de 8 Kbps
- ITU-T G.723.1: Multi-Plse Max Likelihood Quantization (MP-MLQ)/ ACELP – taxas de 5,3 a 6,3 Kbps

2.3.1 Empacotamento de voz no Protocolo IP

Em VoIP, a voz deve ser digitalizada e transportada/controlada pelo empacotamento em protocolo IP.

O ingresso da voz no sistema de digitalização e empacotamento é feito por um ou mais quadros de voz encapsulados em segmentos do protocolo Real Time Protocol (RTP), dentro de segmentos UDP, envolvidos por um pacote IP e transmitidos pela rede de roteadores. Na saída da rede, é necessário tratar do atraso de propagação e da sua variação (*jitter*). Faz-se o controle da perda de pacotes e em seguida os pacotes IP são abertos,

seguidos pelo tratamento dos segmentos UDP e RTP. Ao final se processa a decodificação e a recuperação do sinal de voz.

O processamento da codificação de voz causa um atraso no empacotamento da voz nos protocolos IP/UDP/RTP e no enquadramento e enfileiramento dos pacotes, decorrente dos processos de conversão do sinal analógico em digital e em virtude de outros mecanismos adicionais, como a criptografia do conteúdo dos pacotes. Esses processos são executados na transmissão e na recepção dos pacotes, e geram atrasos em ambos os casos. Esse atraso pode variar de 15ms a 36ms, de acordo com o esquema de codificação/compressão de voz utilizado.

O uso do protocolo RTP assegura o sincronismo que permite a interação em tempo real entre os terminais de voz em comunicação, apesar de toda a descontinuidade da conexão. Pelo fato de haver cabeçalhos de protocolos, filas de passagem e intercalação de pacotes nos meios de transmissão. (Bernal, 2007)

2.3.2 Supressão de silêncio

A supressão de silêncio, ou técnica de transmissão descontínua, descreve o processo pelo qual não ocorre a geração de pacotes VoIP quando o usuário não fala. Isso reduz a banda digital necessária em média 40%.

Para sistemas digitais de comunicação de voz, incluído o VoIP, é necessário criar sistemas que gerem um ruído de conforto, mesmo que isso signifique aumentar a banda requerida para a comunicação. (Bernal, 2007)

2.4 ESTABELECIMENTO E MANUTENÇÃO DE CHAMADAS VOIP

Em uma instalação VoIP, as funcionalidades e os procedimentos de uso devem ser mantidos, tais como no sistema telefônico. É necessário ter o processo de sinalização para iniciar a chamada, que deve ser realizado por um usuário, gerando sinalização com o envio de dígitos que identificam o terminal a ser conectado.

Etapas equivalentes às da sinalização telefônica devem ser realizadas para o estabelecimento da conexão entre terminais VoIP.

- Processo de estabelecimento da conexão;
- Estabelecimento e manutenção da desconexão;

Comandar o início e o fim dos registros da bilhetagem, validação da conexão solicitada, controle e autorização do uso dos recursos de rede. Supervisão da transferência ou finalização das conexões.

Como os protocolos TCP-UDP/IP não provêm o suporte necessário para o cumprimento de todas as etapas e funções do processo de estabelecimento, manutenção e controle de conexão, tornou-se necessário incorporar protocolos complementares. (Bernal, 2007)

Os protocolos VoIP são divididos em:

- Protocolos de controle de meio físico;
- Protocolos de sinalização de conexão;

2.4.1 Protocolos de controle do meio físico

Os protocolos de controle do meio físico estão no nível de aplicação que controla a entrega de dados com propriedades de tempo real. Eles são divididos no controle de enquadramento dos bits de voz gerados pelo CODEC e no controle do sincronismo para a recuperação dos bits, após a passagem pela rede de pacotes. Eles devem prover também o controle de entrega fim a fim, permitindo uma parte do controle de QoS.

Entre os protocolos de controle do meio físico, o mais usado é o Protocolo para Transporte em Tempo Real (RTP), que provê o enquadramento dos bits gerados pelo CODEC e é complementado pelo Protocolo de Controle do Transporte em Tempo Real (RTCP). Este segundo provê a monitoração da entrega de dados e a qualidade de serviços fim a fim. Ambos são protocolos cliente/servidor que negociam um conjunto apropriado de parâmetros para entrega de acordo com o meio físico. Usam a sintaxe de SDP parcialmente para descrever esses parâmetros. (Bernal, 2007)

2.4.2 Protocolos de sinalização de conexão

Os protocolos de sinalização de conexão devem prover o que for necessário para que canais de comunicação entre os terminais VoIP sejam estabelecidos, mantidos e controlados de forma a serem transferidos ou desconectados, quando for necessário.

O SIP, Session Initiation Protocol (Protocolo de Inicialização de Sessão), é o protocolo de sinalização para conexão IP mais usado para estabelecer, modificar e finalizar chamadas telefônicas VoIP. Outros protocolos usados em VoIP como alternativa ao SIP são H.323 e Protocolo de Controle de Gateway de Meio (MGPC). (Bernal, 2007)

2.4.2.1 Protocolo SIP

As mensagens SIP são estruturadas em scripts baseados na Norma ISO 10646 em codificação de UTF-8. Devem ser terminadas em linhas com CRLF (caracteres de retorno de carro e alimentação de linha). Muito da sintaxe de mensagem e campo de cabeçalho é semelhante ao HTTP/ Essas mensagens podem ser de pedido ou de resposta. (Bernal, 2007)

2.4.2.2 Rede de Controle Descentralizada SIP

Diversos elementos funcionais compõem uma rede SIP descentralizada. Por exemplo, os agentes dos usuários são os telefones IP, que também são denominados clientes do agente do usuário (UAC).

O cliente do agente do usuário (UAC) inicia ou termina as chamadas pela rede. Os servidores de agente de usuário (UAS) respondem a esses pedidos e organizam as conexões, usando o nome UAC. O UAS também é o responsável por localizar o servidor destino UAC ou servidor intermediário ao UAS. (Bernal, 2007)

Servidores de redirecionamento são processam chamadas e só respondem com informação que contém o endereço apropriado do próximo servidor.

Servidores de localização contêm características de um cliente e de um servidor. Podem receber pedidos e mensagens de resposta e ajustar as informações de cabeçalho antes de remeter o pedido ao próximo servidor de localização ou diretamente ao terminal cliente de usuário.

O servidor de URL permite determinar:

- Endereço atual do terminal;
- Número da porta;
- Protocolos a serem usados como TCP ou UDP.

O servidor de registro permite autenticar o usuário e adicionar o mapeamento entre URL e endereço da rede para a localização do servidor de base de dados.

Ao fazer uma chamada SIP, o terminal primeiramente localiza o servidor de base de dados.

O protocolo SIP suporta cinco modos de estabelecimento e terminação das comunicações:

- Usuário local: determinação do sistema terminal a ser usado para a comunicação.
- Disponibilidade do usuário: definição do terminal a ser conectado.
- Capacidades do usuário: estabelecimento dos meios e parâmetros do meio a serem usados.
- Organização de sessão: determinação de parâmetros de sessão para ambos os terminais a serem conectados.
- Gerenciamento de sessão: inclui a capacidade de transferência e terminação de sessões, modificando parâmetros de sessão e invocando serviços.

2.4.2.3 Estabelecimento de chamadas SIP

A figura 6 mostra a troca de mensagens de sinalização SIP entre um cliente de agente de usuário (UAC) e um servidor de agente de usuário (UAS). Todas as mensagens são intermediadas pelos servidores proxy e pelo servidor de localização e redirecionamento.

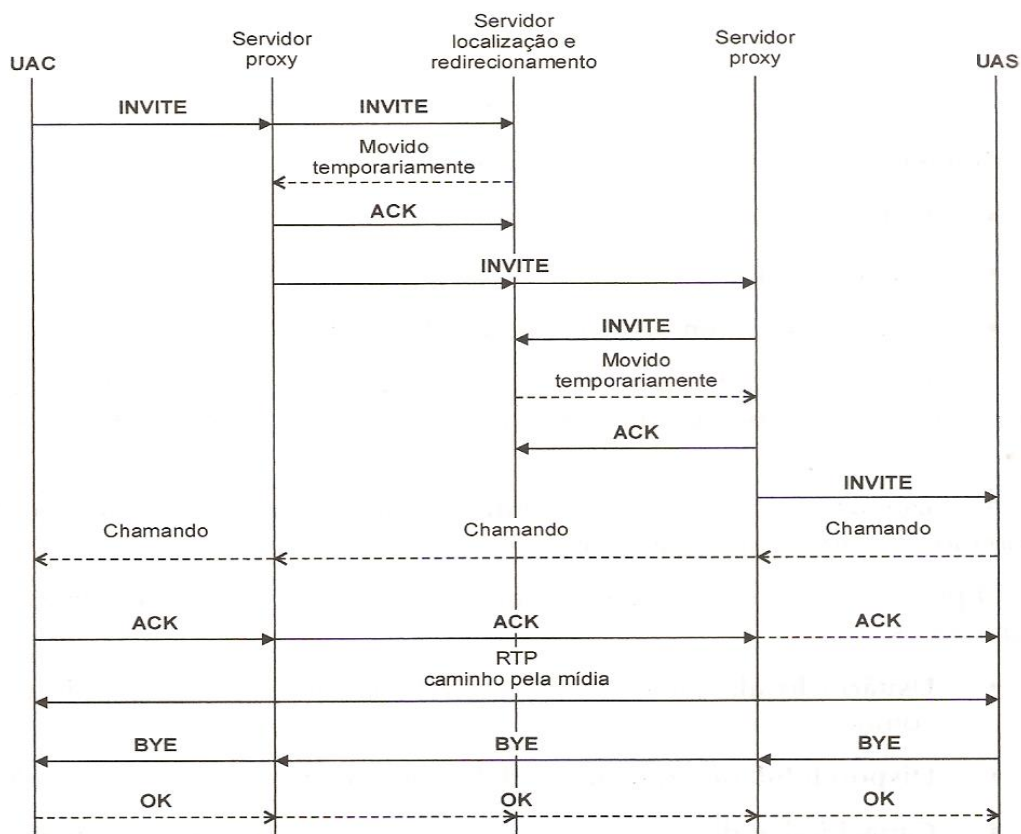


Figura 6: Troca de mensagens SIP.

Fonte: Bernal, 2007

2.4.2.4 Sessão de conexão SIP entre dois telefones

A figura 7 indica a troca de mensagens diretas entre dois terminais SIP, sem a intermediação de servidores, tal como o apresentado na figura 6.

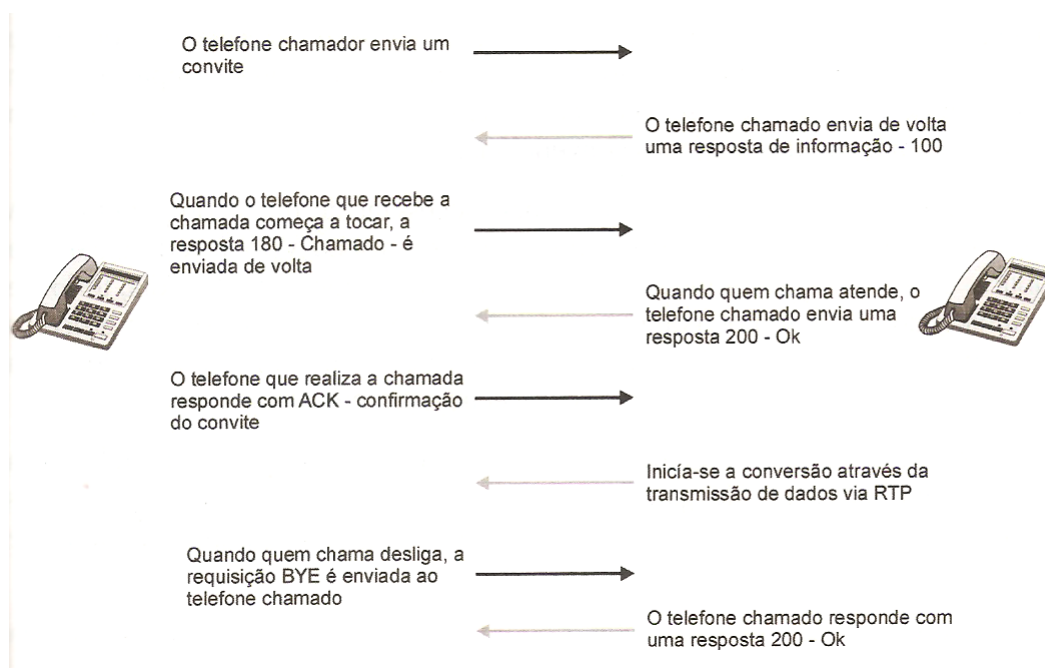


Figura 7: Troca de mensagens diretas SIP.

Fonte: Bernal, 2007

3 O SERVIÇO VOIP DO IFRN

Para entender o funcionamento do serviço, é necessário, antes de tudo, entender como está funcionando atualmente o sistema telefônico da instituição.

Atualmente o sistema telefônico do IFRN está desorganizado, visto que, cada campus adotou a solução que era possível no momento da sua implantação. Quase todos os campi têm, assim, uma ligação com a rede pública de telefonia, ocasionando tarifação interurbana em ligações entre os diferentes campus da instituição. O cenário é apresentado na figura 8.



Figura 8: Sistema de telefonia atual.

Como observado na figura, cada campus - com exceção dos campus de Apodi, Nova Cruz, Parnamirim e São Gonçalo - possui contrato com a rede de telefonia pública e utiliza essa infraestrutura para todas as ligações telefônicas. Normalmente em cada unidade já existe um PABX analógico que proporcionam chamadas internas gratuitas.

Esse cenário está longe de ser o ideal, tendo em vista que o IFRN possui uma infraestrutura de dados que suporta tal tráfego, é notável que não seja adequado utilizar a rede PSTN para tal finalidade.

A telefonia IP, entretanto, é bastante diferente da telefonia analógica, portanto, foi necessária a troca dos telefones analógicos por telefones IP, compatíveis com a tecnologia VoIP.

Os IPfones precisam se registrar em um PABX IP, nesse caso, o Asterisk, para que o servidor possa associar o ramal ao IP do aparelho telefônico.

Para que o sistema se tornasse ainda mais robusto, decidiu-se instalar media gateways audiocodes que atuam como proxy para o PABX IP e como mecanismo de sobrevivência (SAS - Stand Alone Survivability) em caso da perda do link de dados ou falha no servidor Asterisk. Assim, os IPfones são configurados para se registrar nos gateways, que por sua vez são configurados como proxy para o Asterisk.

Nas unidades remotas, então, serão desativadas o PABX e os telefones analógicos e a nova configuração será como a mostrada na figura 9. O gateway no caso da figura será o audiocodes MP114 que possui quatro portas FXO, suportando, assim, até quatro linhas convencionais. Esse recurso será utilizado em caso de perda do link de dados e para otimização de rotas.



Figura 9: Cenário padrão de interconexão com a PSTN.



Figura 10: Cenário com Mediant 1000.

Em alguns casos, onde o volume de ligações é maior, serão utilizados gateways audiocodes mediant 1000 que pode suportar um maior número de IPfones registrados, além de suportar módulos para troncos E1. Esses gateways serão instalados na unidade Natal

central, Natal zona norte, Mossoró e Cidade Alta. A figura 3.3 mostra esse cenário de uma unidade com o mediant 1000 e um tronco E1 para um volume maior de ligações para a rede PSTN.

A figura 11 apresenta o cenário geral de todo o serviço VoIP. Com todos os campi do IFRN ligando-se a rede PSTN por portas FXO ou troco E1, e ligando-se ao campus central através de um enlace de radio. Esse enlace transporta as diversas redes do IFRN, inclusive a rede VoIP, onde devem estar todos os equipamentos do serviço. O Asterisk aparece nesse cenário ligado a vlan VoIP e ao mediant 1000 através de um tronco SIP.

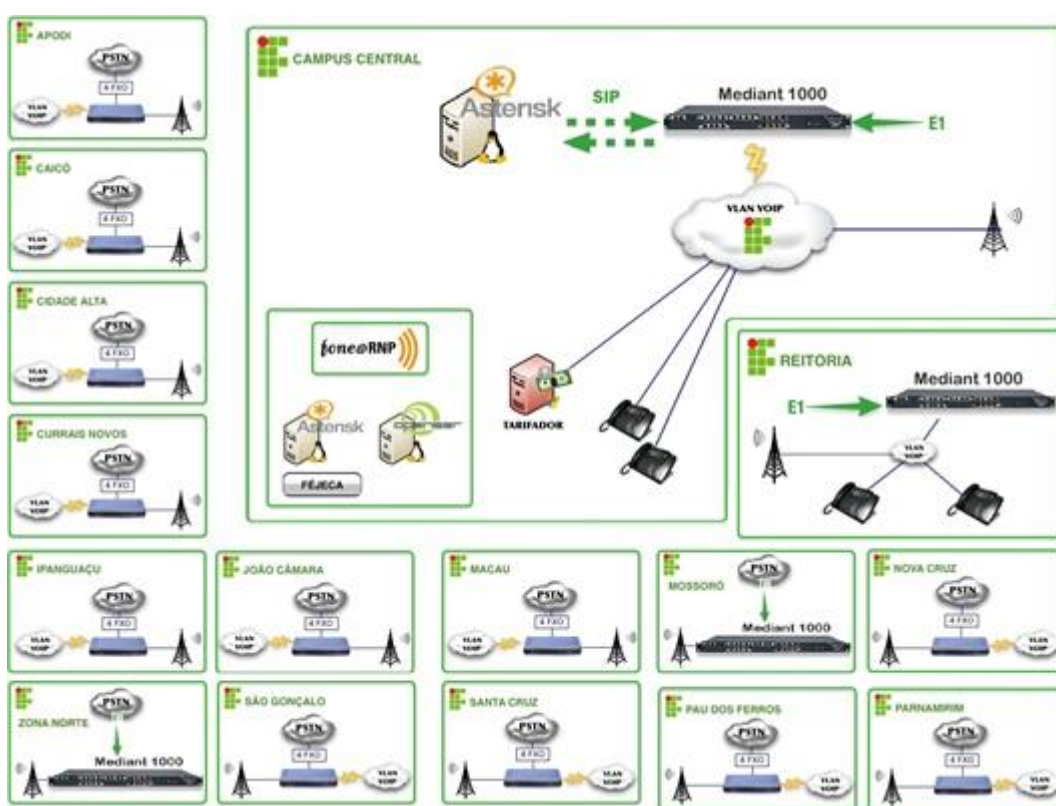


Figura 11: Topologia geral da solução a ser adotada.

3.1 INVESTIMENTOS DO PROJETO

Para a migração do serviço de telefonia de uma instituição de grande porte como o IFRN, é preciso oferecer uma qualidade igual ou superior à solução existente. Esse requisito trouxe a preocupação com a usabilidade e disponibilidade do novo serviço.

Um dos pontos observados foi a dependência do serviço telefônico dos interiores com o link de dados, que, por vezes, falha. Para oferecer um serviço de alta disponibilidade,

resolveu-se então adquirir Gateways VoIP capazes de manter os requisitos funcionais do sistema - ligações entre ramais e ligações externas.

A incompatibilidade da tecnologia telefônica pré-existente acarretou o custo da substituição dos aparelhos telefônicos. Seria possível também a adoção de equipamentos conversores que utilizariam portas FXS ligando os aparelhos telefônicos tradicionais, mas essa solução foi descartada, pois com a substituição dos aparelhos telefônicos é possível manter um melhor gerenciamento da rede e oferecer melhor qualidade no serviço.

Os IPfones oferecem facilidades que não são possíveis com aparelhos tradicionais: viva voz, identificador de chamadas, agenda, transferência de chamadas, não perturbe, entre outros.

Os custos na implantação do serviço VoIP do IFRN foram, basicamente, na aquisição de equipamentos específicos de VoIP:

3.1.1 Gateway VoIP MP114 Audiocodes



Figura 12: Gateway MP114.

- Recursos:
 - Integrar a rede VoIP à rede PSTN através de 4 portas FXO;
 - Atuar como PABXIP em caso de falha no link (SAS);
 - Atuar como proxy para o Asterisk em link operacional
- Custo unitário: R\$ 1.150,00

3.1.2 Gateway VoIP Mediant 1000 Audiocodes



Figura 13: Gateway Mediant 1000.

- Recursos:
 - Integrar a rede VoIP e a rede PSTN através de troco E1;
 - Atuar como PABXIP em caso de falha no link (SAS);
 - Atuar como proxy para o Asterisk em link operacional

- Custo unitário:
R\$ 8.500,00 (Módulo com 1 E1)
R\$ 12.000,00 (Módulo com 2 E1)

3.1.3 IPfone Yealink



Figura 14: Telefone VoIP.

- Recursos:
 - Registrar até três contas VoIP;
 - Hotline;
 - Chamadas de emergência;
 - Ligações em espera;
 - Transferência de chamadas;
 - Encaminhamento de chamadas;
 - Viva voz;
 - Autoatendimento;
 - Rediscagem;
 - Não perturbe;
 - Lista negra;
 - Histórico de chamadas;
- Custo unitário:
R\$ 345,98

3.1.4 Tabela de custo total do projeto

Campus/ Recursos	MP 114	Mediant 1000	IPfone Yealink	Total (R\$)
Apodi	1	0	20	8069,60
Caicó	1	0	20	8069,60
Cidade Alta	0	1	20	15419,60
Currais Novos	1	0	20	8069,60
Ipanguaçu	1	0	20	8069,60
João Câmara	1	0	20	8069,60
Macau	1	0	20	8069,60
Mossoró	0	1	20	15419,60
Natal Central	0	1 + E1	170	70816,60
Nova Cruz	1	0	20	8069,60
Parnamirim	1	0	20	8069,60
Pau dos Ferros	1	0	20	8069,60
Reitoria	0	1	0	15419,60
Santa Cruz	1	0	20	8069,60
São Gonçalo	1	0	20	8069,60
Zona Norte	0	1	20	15419,60

Custo total do Projeto: **R\$ 221.260,60**

3.2 PLANO DE NUMERAÇÃO

Para melhor organização do novo sistema telefônico do IFRN, foi necessário a criação de um novo plano de numeração. Assim foi possível, em alguns casos, aproveitar os quatro últimos dígitos já existentes e manter o DDR que existia em alguns locais, como campus Natal Central, Reitoria e Cidade Alta.

Os ramais terão 4 dígitos, onde os 2 primeiros identificam o campus e os demais o ramal.

A tabela a seguir mostra o novo plano de numeração

Campus	Numeração	Campus	Numeração
Mossoró ²	5000 - 5099	Pau dos Ferros	6600 - 6699
Ipanguaçu	5200 - 5299	Cidade Alta	6800 - 6899
Currais Novos	5400 - 5499	Parnamirim	7000 - 7099
João Camara	5600 - 5699	Nova Cruz	7200 - 7299
Santa Cruz	5800 - 5899	São Gonçalo do Amarante	7400 - 7499
Caicó	6000 - 6099	São Paulo do Potengi	7600 – 7699
Macau	6200 - 6299	Ceará-Mirim	7800 - 7899
Apodi	6400 - 6499	Canguaretama	8000 – 8099
Central	2600-2799	Reitoria	0750 – 0799
Zona Norte	9600-9649		

3.3 ESQUEMATIZAÇÃO DOS REGISTROS DOS TELEFONES IP

3.3.1 Registro com o enlace e o Asterisk operacionais

Os IPfones são configurados para registrar-se no media gateway Audiocodes na porta 5080, se o Asterisk e o link estiverem operacionais, o gateway VoIP repassa para o PABXIP Asterisk as informações de registro (ramal, senha e IP do telefone).

O servidor Asterisk verifica a senha e então registra o IPfone, mantendo uma tabela associando IP ao ramal. Com base no ramal o Asterisk associa também as permissões.

² No caso de Mossoró a numeração está a ser definida devido a conflito com a numeração do campus central

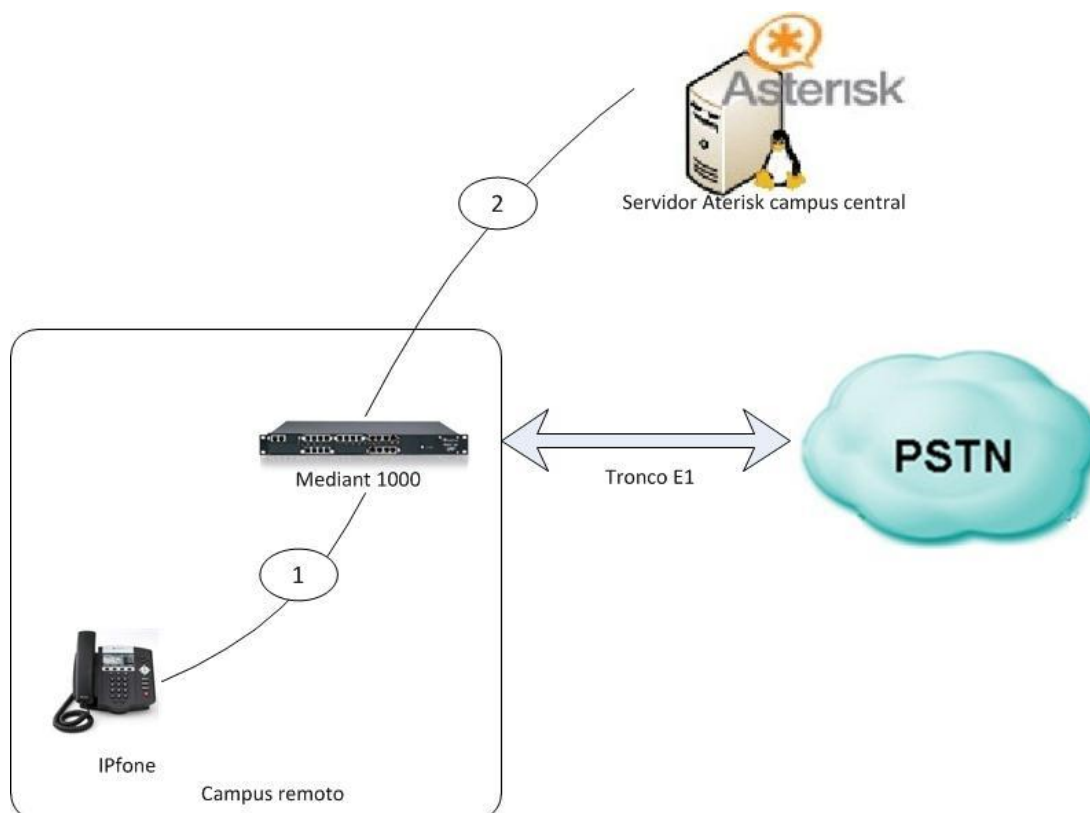


Figura 15: Registro de IPfone no Asterisk.

1. O IPfone registra-se no Gateway VoIP
2. O Gateway VoIP atua como proxy para o PABXIP repassando o registro para o Asterisk.

3.3.2 Registro dos telefones modo de sobrevivência

Caso o link de rádio do campus ou o servidor do Asterisk esteja indisponível, o gateway VoIP desse campus entra no modo de sobrevivência. Nesse modo o gateway AudioCodes será responsável por registrar as IPFones. Entretanto, a aplicação de sobrevivência do gateway(SAS) não autentica os telefones IP com senha nem verifica permissões.

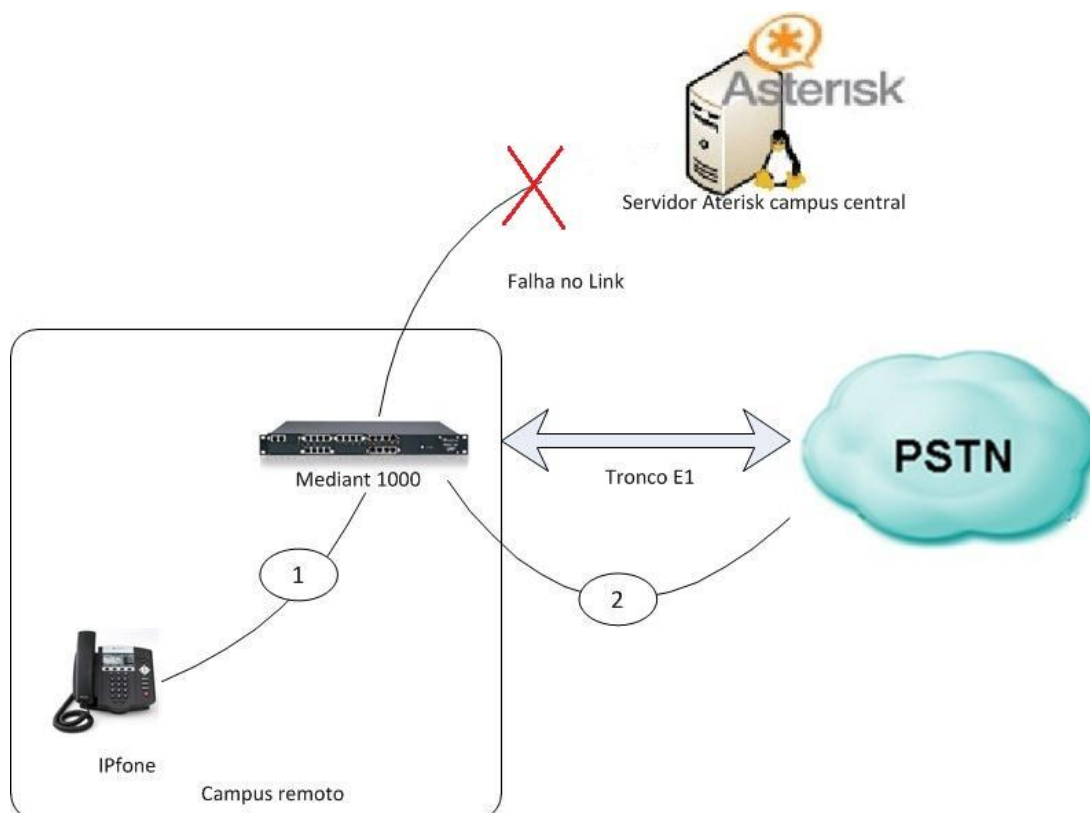


Figura 16: Registro de IPfone no Gateway VoIP.

1. O IPfone registra-se no Gateway VoIP
2. Em caso de link não operacional o Gateway atua como PABX, registrando os IPfones e direcionando as ligações entre ramais e para a rede pública.

No modo de sobrevivência, o gateway VoIP armazena na sua aplicação SAS, uma tabela contendo os números dos ramais e seus respectivos endereços IP. Através dessa tabela, o gateway VoIP vai direcionar as chamadas entre ramais do mesmo campus e direcionar para a rede pública as demais ligações.

3.4 LIGAÇÕES

3.4.1 Ligações entre ramais

O PABXIP Asterisk conterà os registros de todos os ramais. Nele constarão os endereços IP de todos os telefones dos campi do Instituto.

Quando um usuário discar um número de um ramal válido de qualquer campus, o Asterisk irá direcionar essa ligação para o endereço IP do telefone do ramal de destino. O telefone do ramal de destino responderá à ligação diretamente ao telefone originador da chamada,

fechando assim o canal de comunicação, esse canal é ponto-a-ponto, ou seja, a ligação não fica intermediada pelo servidor do Asterisk.

A ligação entre ramais deve ser transparente para o usuário, ou seja, estando o link de comunicação via rádio funcionando ou não, a ligação deve chegar ao destino sendo digitados somente os números dos ramais desejados.

No caso de ligações entre ramais, são possíveis três cenários distintos.

3.4.1.1 Cenário com link operacional

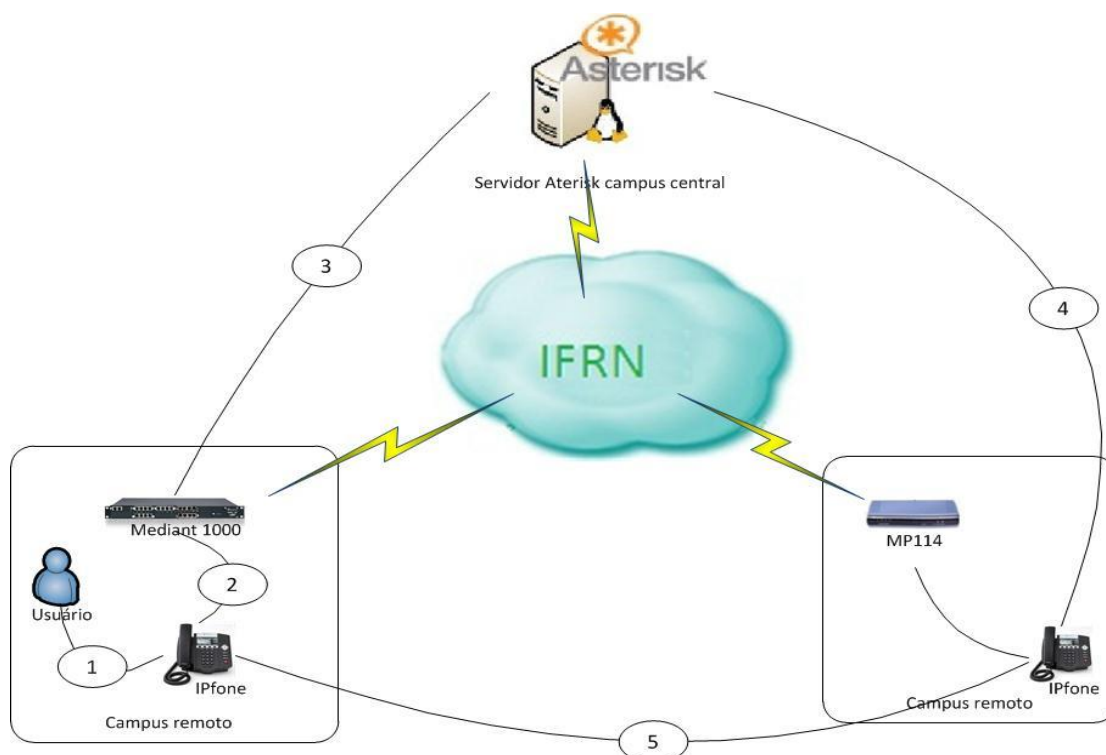


Figura 17: Ligação entre ramais com link operacional.

- 1- O usuário disca um ramal interno.
- 2- O IPfone envia a solicitação para o Gateway VoIP.
- 3- O Gateway VoIP envia a solicitação pra o Asterisk, onde estão registrados todos os ramais do IFRN.
- 4- O PABXIP Asterisk verifica qual IP está associado àquele ramal e envia a solicitação de conexão ao telefone IP.
- 5- O IPfone destino estabelece uma conexão diretamente com o IPfone de origem.

3.4.1.2 Cenário com ramal destino em modo de sobrevivência

É efetuada uma chamada entre ramais com destino a um campus que está com o link de rádio inoperante, conforme figura 18.

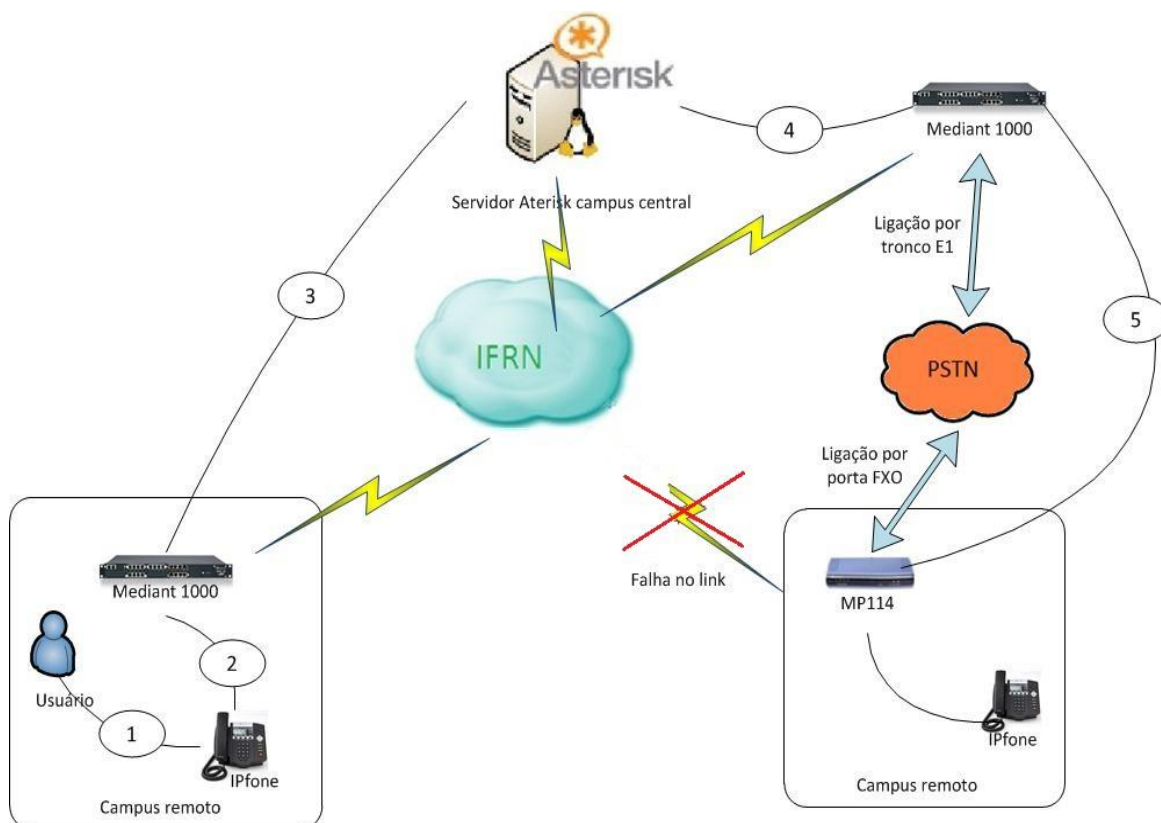


Figura 18: Ligação entre ramais com link destino falho.

- 1- O usuário discar um ramal interno.
- 2- O IPfone envia uma solicitação para o gateway VoIP.
- 3- O Gateway VoIP envia a solicitação para o Asterisk, onde estão registrados todos os ramais do IFRN.
- 4- O Asterisk verifica que a conexão para o campus não está disponível e envia a solicitação para o gateway da reitoria.
- 5- O gateway discar para o telefone do campus utilizando a rede pública.

Quando um usuário discar um número de um ramal, ele não sabe se no campus do número de destino o link de dados está funcionando ou não, isto é, essa informação deve ser transparente ao usuário.

O monitoramento do link de dados fica a cargo do gateway VoIP e do Asterisk. No gateway VoIP o monitoramento é feito através de pacotes SIP OPTIONS enviados ao proxy

configurado nele. Já no Asterisk, o monitoramento é feito através do parâmetro `qualify=yes`, inserido na configuração dos troncos do Asterisk, e por uma macro no dialplan que verifica o status do tronco relacionado ao campus de destino, e direciona a ligação ao ramal desejado pelo IP do telefone se o link estiver funcionando, ou para o número externo do campus via PSTN se o link estiver inoperante.

3.4.1.3 Cenário com ramal de origem em modo de sobrevivência

É efetuada uma chamada entre ramais originada por um campus que está com o link de rádio inoperante:

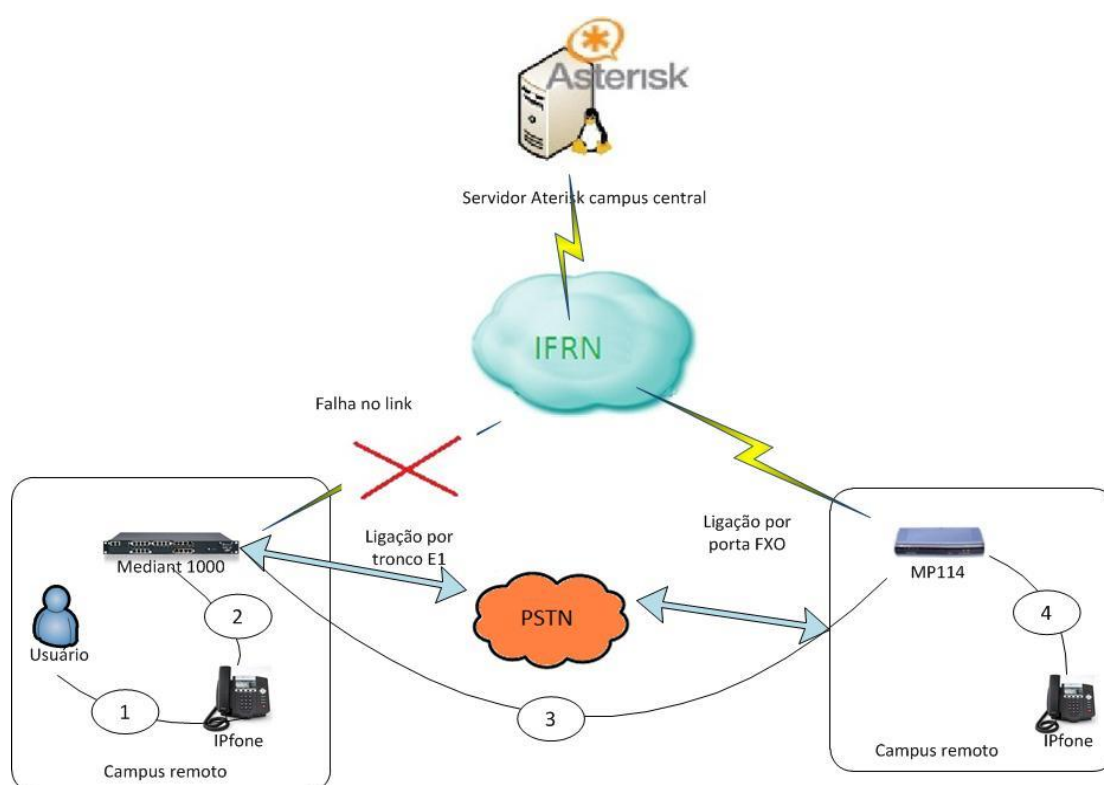


Figura 19: Ligação entre ramais com link de origem falho.

- 1- O usuário disca um ramal interno.
- 2- O IPfone envia uma solicitação para o Gateway VoIP.
- 3- O Gateway VoIP verifica que o link não está operacional e utiliza a rede pública de telefonia para conectar ao Gateway VoIP do campus destino.
- 4- O Gateway então envia a ligação para o ramal configurado.

Nesse caso visualizado na figura 3.12, a ligação é gerada no próprio campus que está sem link. Como o gateway VoIP já detectou que o proxy (Asterisk) está inacessível e já se

encontra em como de sobrevivência (SAS), primeiramente ele verifica a sua tabela de registros da aplicação SAS, se o número de destino não for do mesmo campus e não estiver na tabela, ele redirecionará a ligação para a sua aplicação SIP, conforme gateway definido na configuração da aplicação SAS. A aplicação SIP roteia todas as ligações chegadas nela para a PSTN, conforme o ramal digitado, ou seja, se o ramal de destino for um do campus Ipanguaçu, irá cair na rota definida para os ramais de destino 52XX, que é o número externo do campus Ipanguaçu (3335-2303).

3.4.2 Chamada externa local

As chamadas efetuadas para números locais são recebidas pelo Asterisk e enviados para o gateway VoIP de saída, no caso, o gateway mais próximo do telefone discado ou que provenha uma tarifa reduzida.

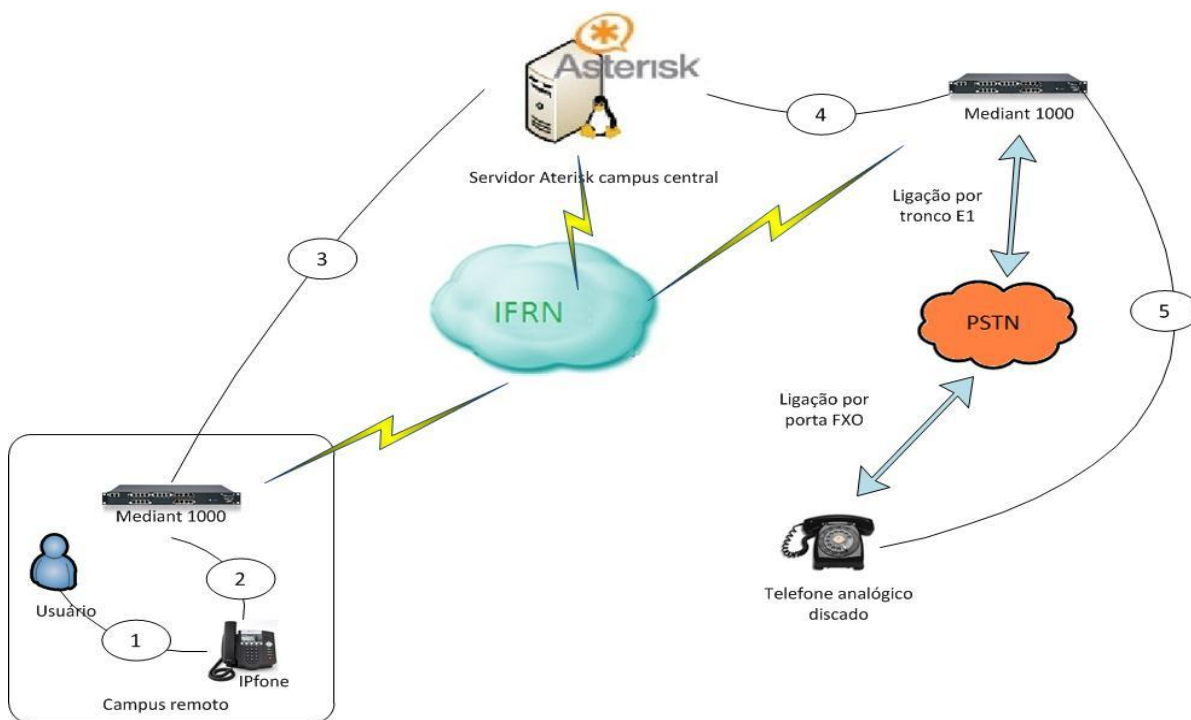


Figura 20: Ligação para fora do IFRN.

- 1- O usuário discar um número não pertencente à rede do IFRN.
- 2- O IPfone envia a solicitação para o Gateway VoIP.
- 3- O Gateway envia a solicitação para o Asterisk.
- 4- O Asterisk verifica as permissões do ramal do usuário e concede ou não autorização. Em caso positivo o Asterisk encaminha a solicitação para o Gateway de saída, que deve se o Gateway mais próximo do telefone analógico discado.
- 5- O Gateway VoIP liga para o telefone analógico discado.

3.4.3 Chamada entrante

As chamadas de origem externa destinadas ao IFRN serão recebidas pelos gateways e direcionadas a números pré-configurados. No caso das unidades que tiverem contrato de número e fazem DDR a configuração deve ser obedecida, assim os usuários externos podem ligar diretamente para o ramal desejado, sem passar por telefonista nem por qualquer tipo de atendimento automático.

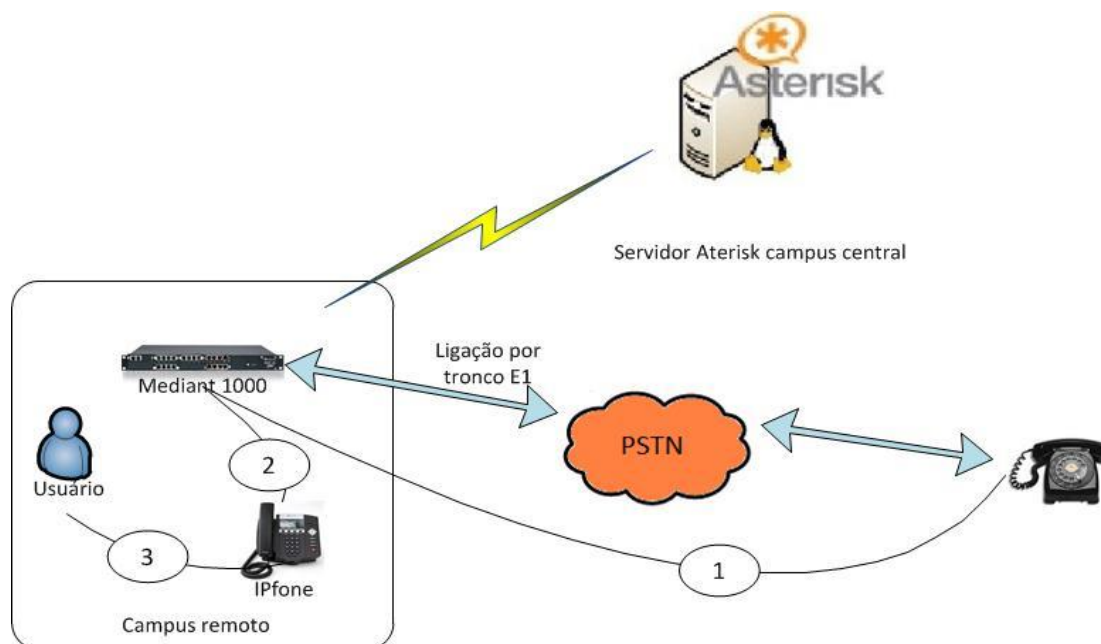


Figura 21: Ligação entrante de um usuário externo.

- 1- O usuário externo disca um número pertencente à rede do IFRN e a ligação chega ao gateway pela rede pública onde o número está associado.
- 2- O gateway envia a ligação ao número pré-configurado.
- 3- O usuário atende.

4 BENEFÍCIOS ESPERADOS

A implantação do serviço VoIP do IFRN trará como benefício novos recursos, aparelhos telefônicos modernos, diminuição no custo das ligações telefônicas e extinção de contratos de locação de PABX analógicos.

A Infraestrutura criada para o serviço VoIP permitirá a adição de novos recursos que não seriam possíveis com a telefonia tradicional. Entre esses recursos pode-se citar: atendimento automático, siga-me, conferência, não perturbe, voicemail, entre outros.

Atualmente o IFRN possui contratos de locação e manutenção de quatro PABX analógicos, que provêm ramais internos nas unidades de Natal Central, Natal Zona Norte, Natal Cidade Alta e Mossoró. Com a instalação do novo serviço não será mais necessária a utilização desses equipamentos, acarretando a extinção desses contratos.

O serviço permitirá também ligações entre qualquer IFRN a custo zero e utilizando ramais de apenas quatro dígitos. Com o ajuste das rotas nos equipamentos, as ligações para números externos à rede do IFRN terá o menor custo possível. Por exemplo, uma ligação que sai de um IFRN em Natal para um número público em Mossoró, será roteado até a rede de Mossoró e então sairá com uma regra tarifária local.

Para melhor embasar a economia real que será conseguida foi preciso analisar as contas dos últimos seis meses. Infelizmente só foi possível ter acesso a algumas contas do IFRN, que serão utilizadas como amostra.

4.1 ANÁLISE DAS CONTAS DO CAMPUS NATAL CENTRAL E REITORIA

Existe apenas um contrato que contemplam as contas telefônicas do serviço de telefonia do Campus Natal central e Reitoria. Foram analisadas cinco contas referentes a esses campus, nos meses de outubro , novembro e dezembro de 2010 e os meses de janeiro e maio de 2011. A análise foi feita baseada no custo total com cada serviço. Esses dados foram obtidos estimando o uso durante um ano, segundo a seguinte fórmula.

$$\text{Valor total serviço} = \{(\text{valor mês 1} + \text{valor mês 2} + \dots + \text{valor mês 5}) / \text{número meses}\} * 12$$

Dai obteve-se que:

- O valor do serviço de ligações interurbanas em um ano é de aproximadamente R\$ 4.178,35;
- O valor do serviço de ligações para celulares em um ano é de aproximadamente R\$ 128.050,60;

- O valor do serviço de ligações para telefones fixo em um ano é de aproximadamente R\$ 19.410,34;

Assim, o custo com os serviços telefônicos do campus natal central e reitoria está distribuído segundo o gráfico da figura 22.

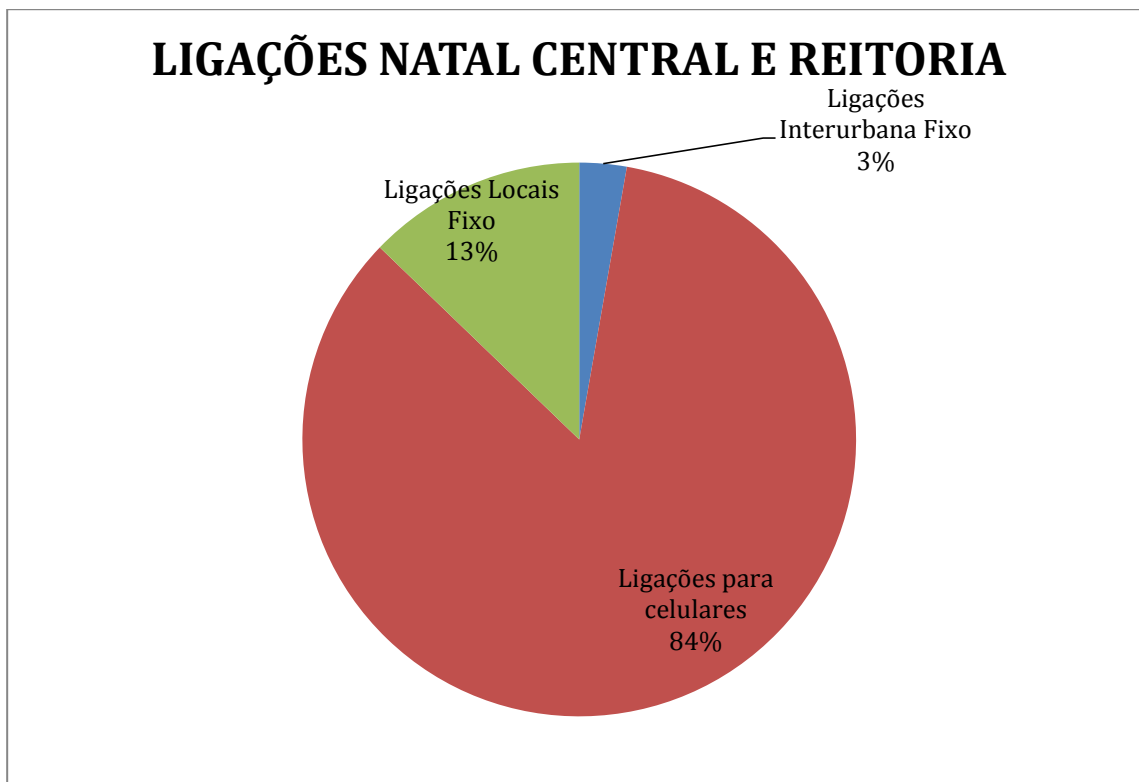


Figura 22: Distribuição das ligações Natal Central e Reitoria.

Com a implantação do serviço de telefonia VoIP é possível obter ganho imediato em ligações interurbanas para outros IFRN e Ligações locais para outros IFRN. Dessa forma, foi feita uma análise destas ligações afim de se obter o valor anual a ser economizado com a implantação do novo serviço.

Como podem ser observadas no gráfico da figura 23 as ligações interurbanas com destino a outros IFRN representam 27% do custo das ligações interurbanas equivalentes a aproximadamente R\$ 1123,75 por ano.

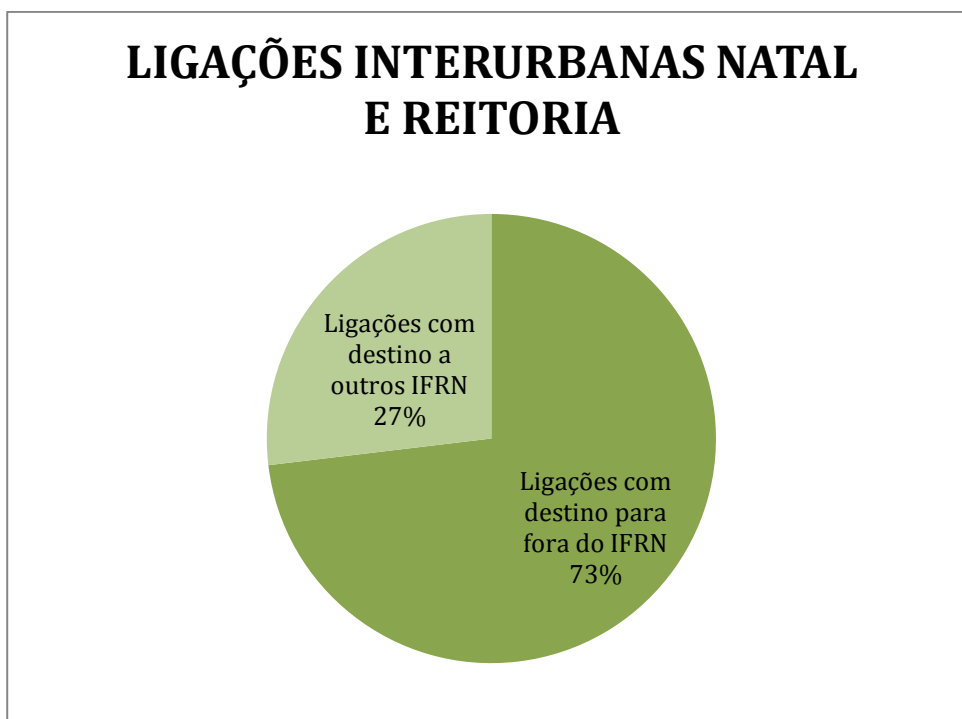


Figura 23: Distribuição das ligações interurbanas Natal Central e Reitoria.

Como podem ser observadas na figura 24 as ligações com destino a outros IFRN em Natal representam aproximadamente 37% do custo das ligações locais. Equivalente a aproximadamente R\$ 7181,82 anual.

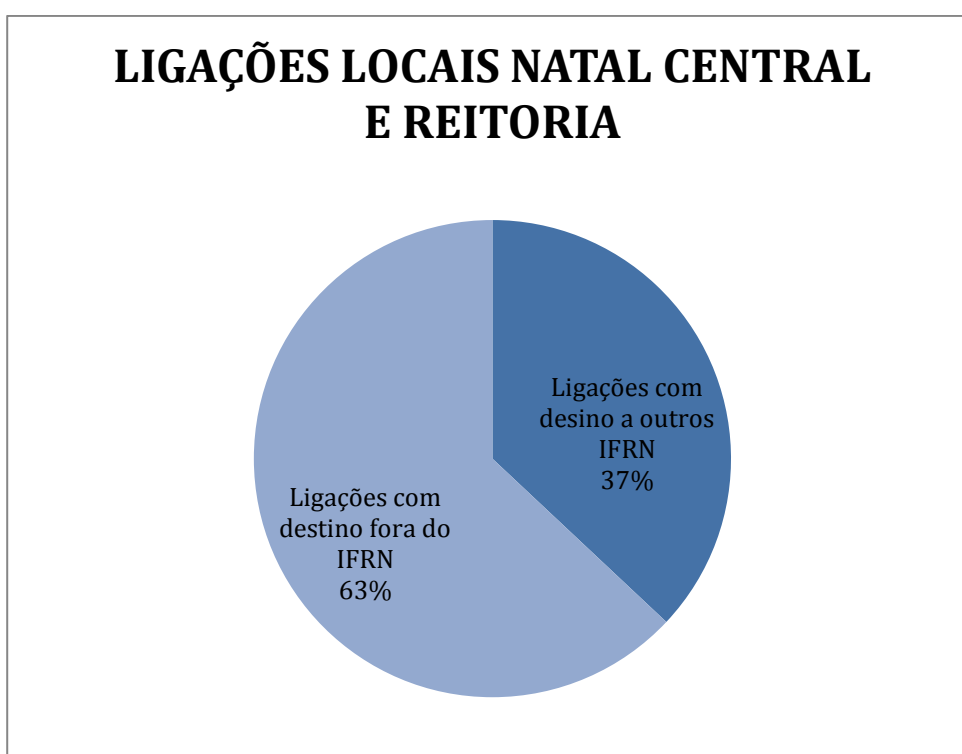


Figura 24: Distribuição das ligações locais Natal Centro e Reitoria.

Sendo assim, o total economizado anualmente com nos campus Natal Central e Reitoria será de aproximadamente R\$ 8305,58.

4.2 ANÁLISE DAS LIGAÇÕES DO CAMPUS ZONA NORTE

No Campus Zona Norte foram analisadas cinco contas telefônicas, referentes aos meses de maio, junho, julho, agosto e setembro de 2011. A análise foi feita da mesma forma que no campus central. Dessa forma obteve-se que:

- O valor do serviço de ligações interurbanas em um ano é de aproximadamente R\$ 1.483,00;
- O valor do serviço de ligações para telefones fixo em um ano é de aproximadamente R\$ 2.720,71;
- O valor do serviço de ligações para celulares em um ano é de aproximadamente R\$ 7.857,45;

A distribuição baseada no custo efetivo pode ser observado no gráfico da figura 25.

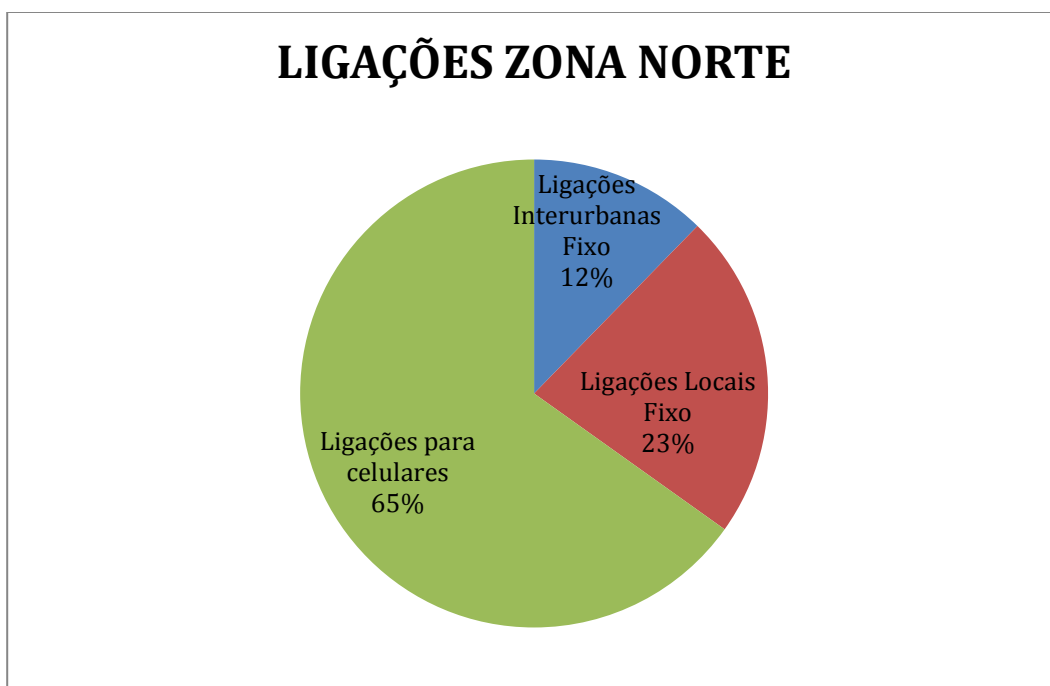


Figura 25: Distribuição das ligações do Campus Zona Norte.

Para a análise das contas da Zona Norte também foram observada a distribuição das ligações interurbanas e ligações para números locais e fixos afim de obter o ganho médio do serviço VoIP.

No gráfico da figura 26 pode ser observada a distribuição das ligações interurbanas. Nota-se que 18% do custo das ligações interurbanas têm destino outros campus do IFRN, o que equivale a R\$ 264,91 por ano.

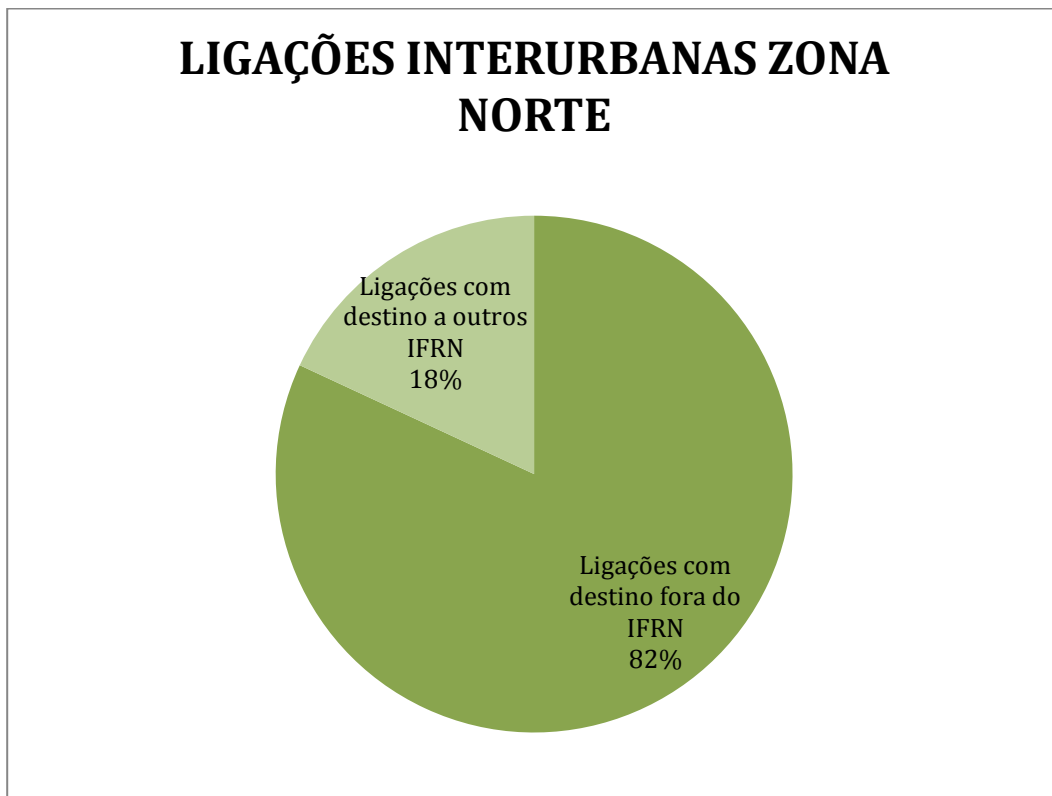


Figura 26: Distribuição das ligações interurbanas.

Como podem ser observadas na figura 27 as ligações a partir da Zona Norte e com destino a outro campus do IFRN em Natal representam aproximadamente 61% do custo das ligações locais. Equivalente a aproximadamente R\$ 1770,76 por ano.

A economia anual que será conseguida com a implantação do serviço de telefonia VoIP no campus Zona Norte será de aproximadamente R\$ 2035,67.

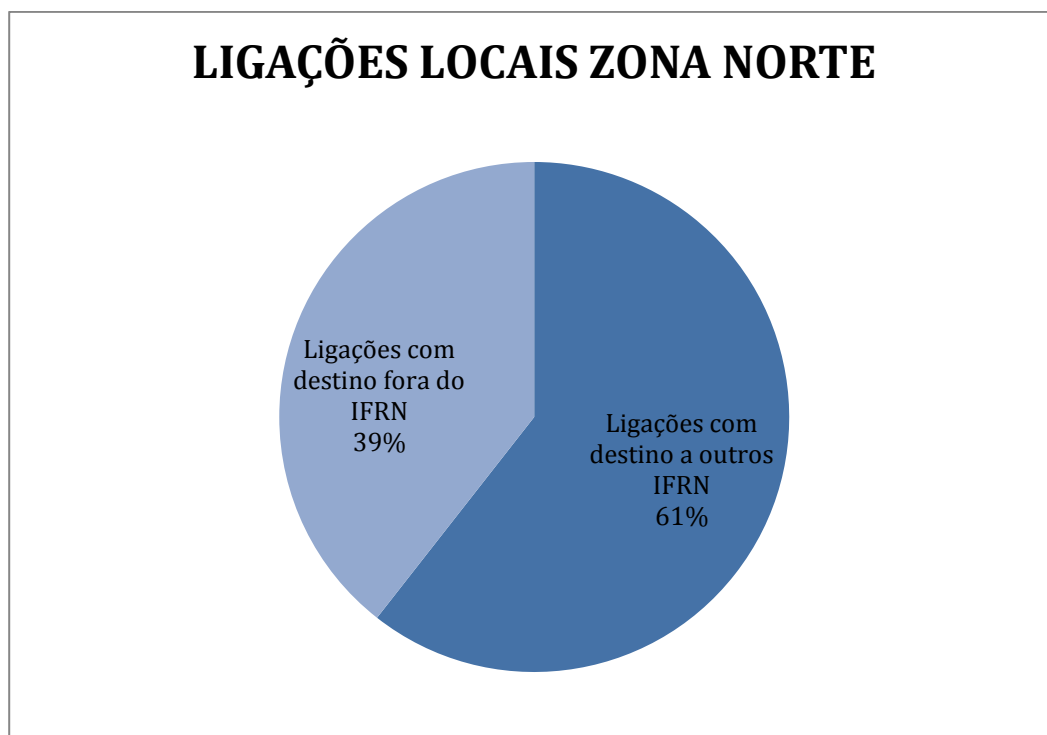


Figura 27: Distribuição das ligações Locais Fixo.

4.3 ANÁLISE DAS LIGAÇÕES DO CAMPUS MOSSORÓ

Para a análise das ligações telefônicas no campus Mossoró foram observadas nove contas referentes aos meses de Novembro de 2010 e de Janeiro a Agosto de 2011. Com tal análise pode-se observar que:

- O valor do serviço de ligações interurbanas em um ano é de aproximadamente R\$ 9755,54;
- O valor do serviço de ligações para telefones fixo em um ano é de aproximadamente R\$ 1809,21;
- O valor do serviço de ligações para celulares em um ano é de aproximadamente R\$ 19328,16;

A representatividade de cada serviço quanto ao custo efetivo pode ser observado na figura 28.

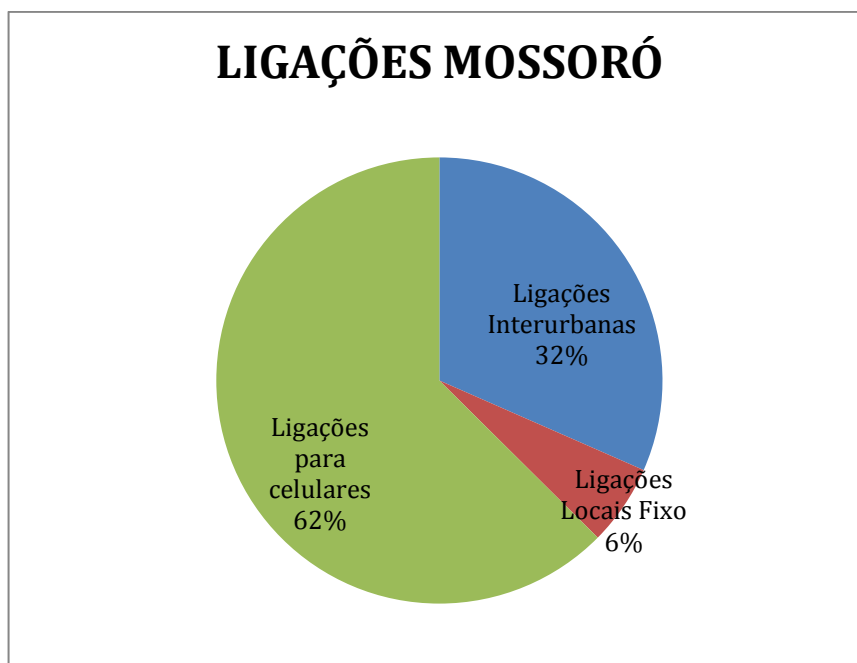


Figura 28: Distribuição das ligações do campus Mossoró.

Como em Mossoró existe apenas uma unidade do IFRN, o ganho com a implantação do serviço VoIP pode ser observado, analisando apenas as ligações interurbanas com destino a outras unidades do IFRN. O gráfico da figura 29 mostra a distribuição das ligações interurbanas em Mossoró.

Observa-se que 62% das ligações interurbanas de Mossoró tem destino para outros Campus do IFRN. Assim, a economia anual que será conseguida com a implantação do VoIP será de aproximadamente R\$ 6017,21 por ano em Mossoró.



Figura 29: Distribuição das ligações interurbanas em Mossoró.

4.4 ANÁLISE DAS CONTAS TELEFÔNICAS DO CAMPUS NATAL CIDADE ALTA

No Campus Natal Cidade Alta foram analisadas oito contas telefônicas, referentes aos meses de Outubro e Novembro de 2010 e Janeiro, Abril, Maio, Junho, Julho e Agosto de 2011. A análise foi feita da mesma forma que no campus central. Dessa forma obteve-se que:

- O valor do serviço de ligações interurbanas em um ano é de aproximadamente R\$ 2.859,81;
- O valor do serviço de ligações para telefones fixo em um ano é de aproximadamente R\$ 2.692,78;
- O valor do serviço de ligações para celulares em um ano é de aproximadamente R\$ 10326,06;

A distribuição baseada no custo efetivo pode ser observado na figura 30.

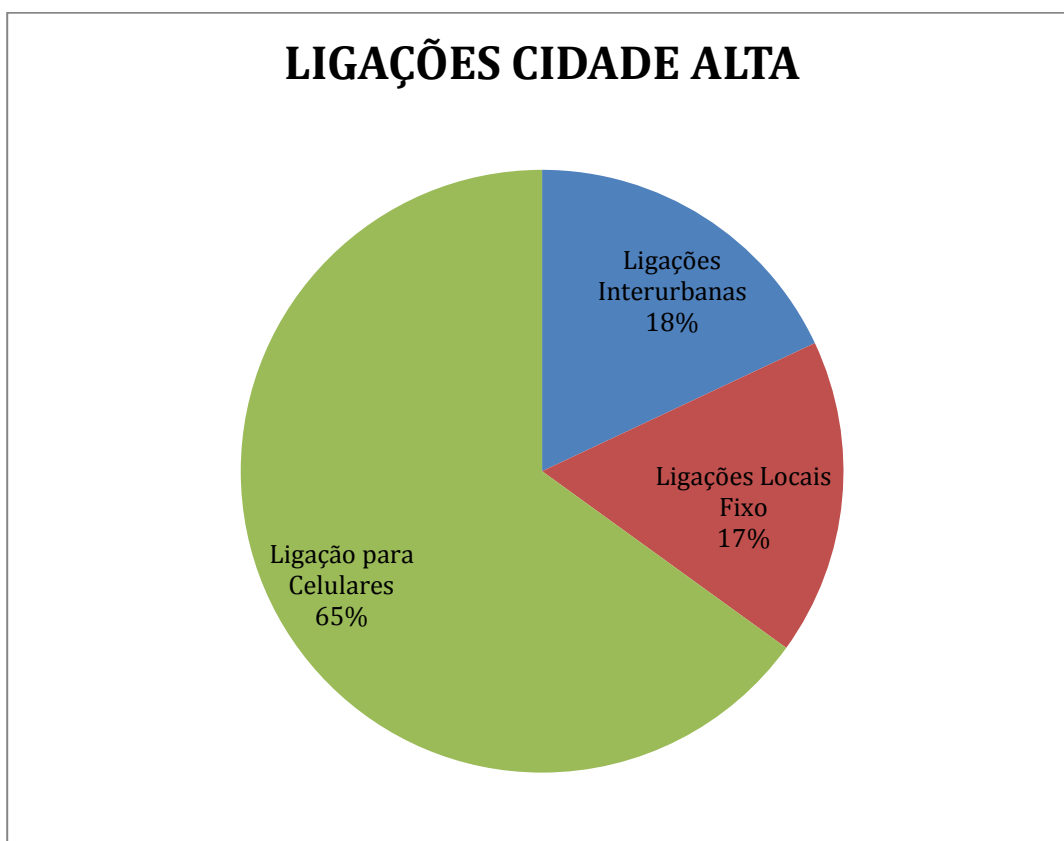


Figura 30: Distribuição das ligações do Campus Natal Cidade Alta.

Para a análise das contas da Cidade Alta também foram observada a distribuição das ligações interurbanas e ligações para números locais e fixos afim de obter o ganho médio do serviço.

O gráfico da figura 31 mostra a distribuição das ligações interurbanas para este campus. Pode-se observar que apenas 7% das ligações interurbanas deste campus destinam-se a unidades do IFRN, isso representa uma economia de apenas R\$ 199,66 anuais.

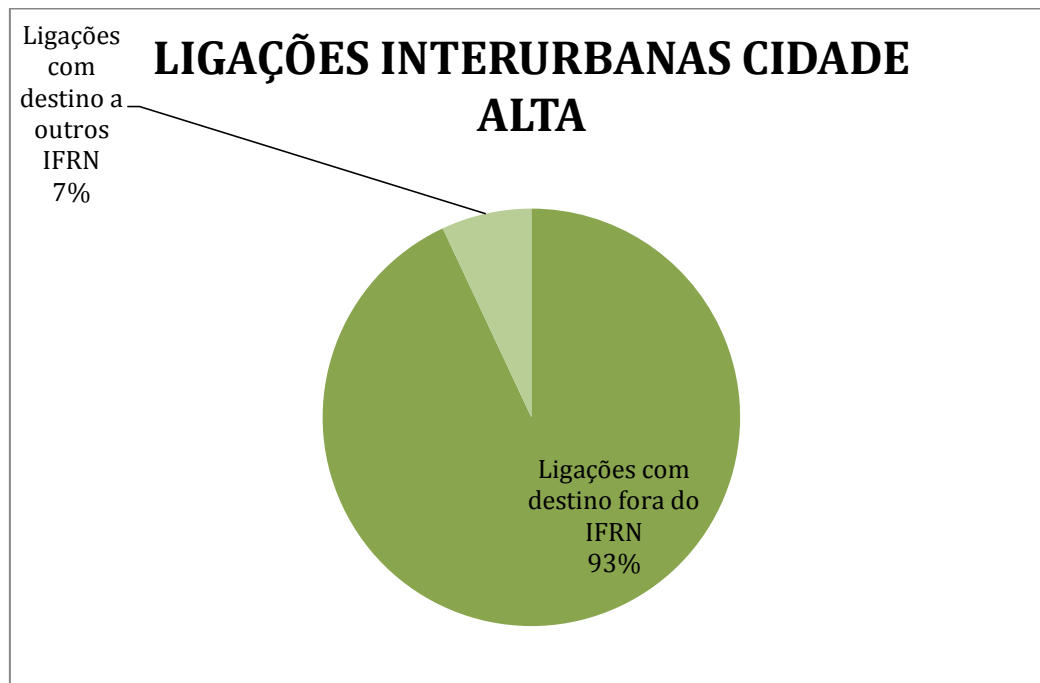


Figura 31: Distribuição das ligações interurbanas do campus Cidade Alta.

Como pode ser observado na figura 32 65 % das ligações locais do campus Cidade Alta destinam-se a Campus do IFRN em Natal, o que representa R\$ 1750,31 de economia anual.

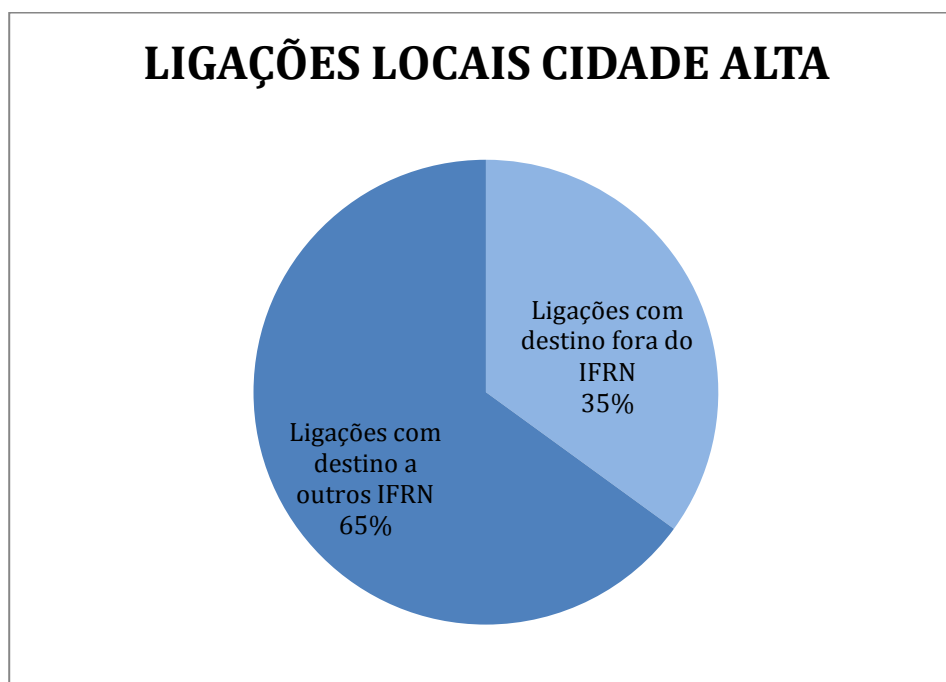


Figura 32: Distribuição das ligações locais do campus Cidade Alta.

Com isso, a economia anual aproximada que deve ser conseguida com a implantação do VoIP na Cidade Alta é de R\$ 1949,97.

4.5 ANÁLISE DAS CONTAS TELEFÔNICAS DO CAMPUS MACAU

No Campus Macau foram analisadas nove contas telefônicas, referentes aos meses de Janeiro a Setembro de 2011. A análise foi feita da mesma forma que os demais campus. Dessa forma obteve-se que:

- O valor do serviço de ligações interurbanas em um ano é de aproximadamente R\$ 4.926,05;
- O valor do serviço de ligações para telefones fixo em um ano é de aproximadamente R\$ 0,00 pois as ligações não ultrapassam a franquia da assinatura;
- O valor do serviço de ligações para celulares em um ano é de aproximadamente R\$ 4.790,00;

A distribuição baseada no custo efetivo pode ser observado na figura 33.

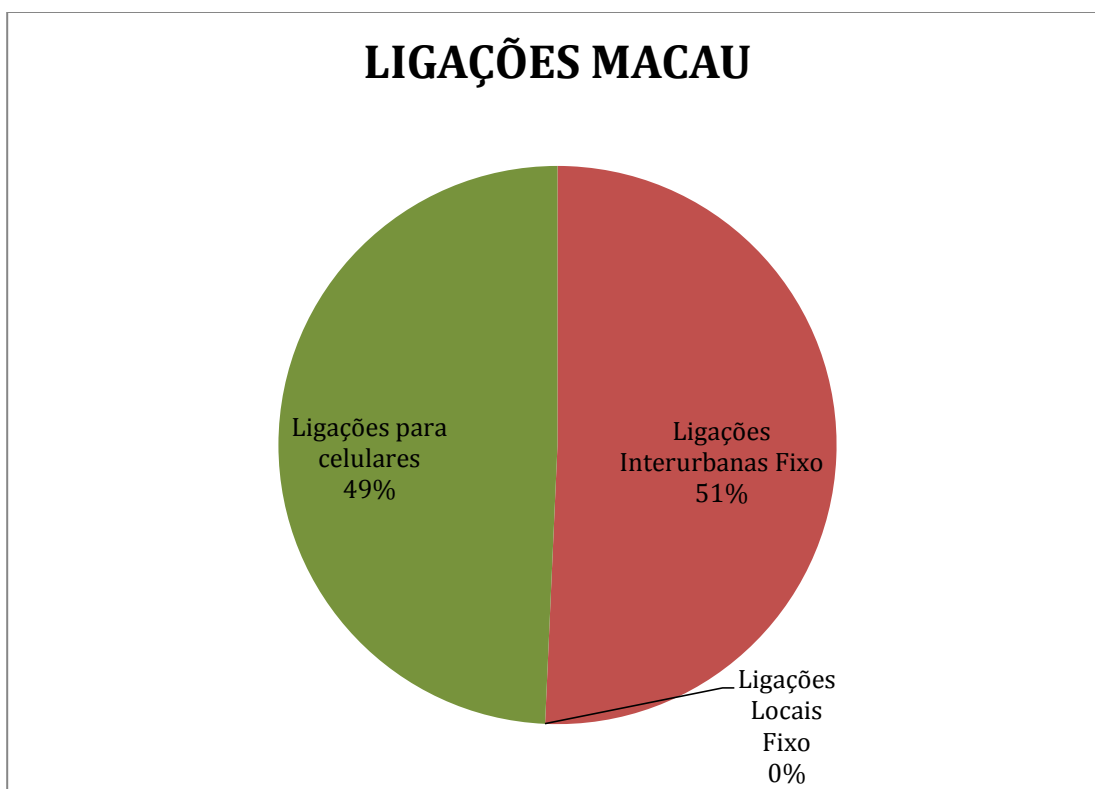


Figura 33: Distribuição das ligações do Campus Macau.

No gráfico da figura 34 observa-se a distribuição das ligações interurbanas de Macau, analisando tal distribuição e considerando que a economia da implantação do serviço VoIP é

resume-se ao custo das ligações interurbanas destinadas a outros Campus do IFRN, percebe-se que a economia anual do campus Macau é de 74% das suas ligações interurbanas, que equivalem a aproximadamente R\$ 3.655,96

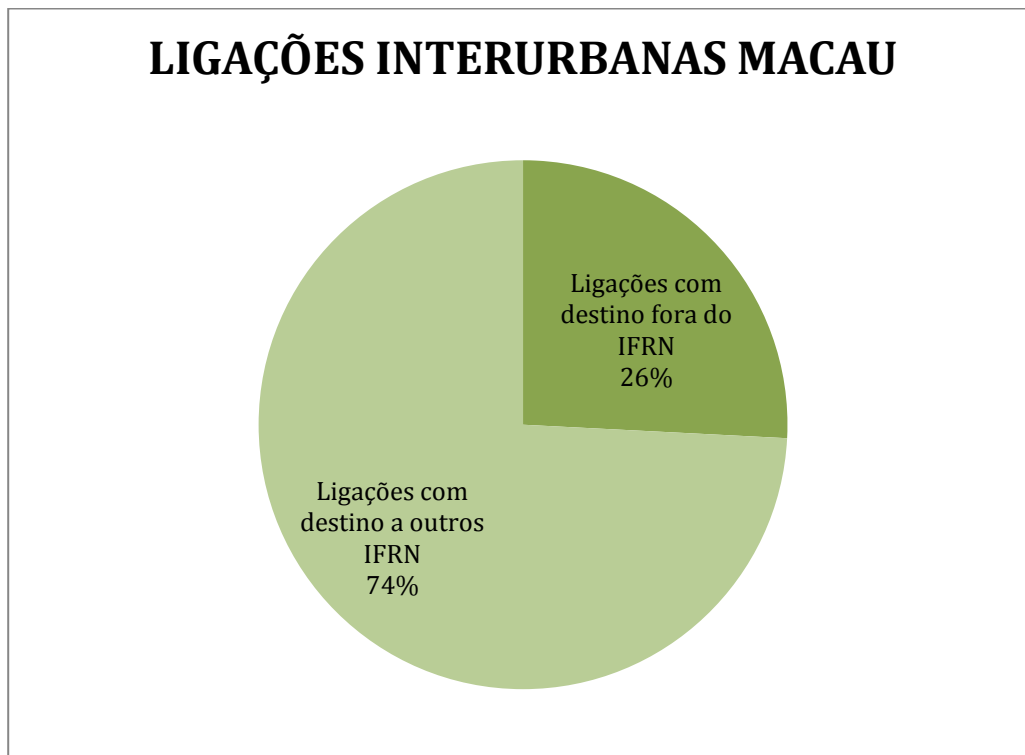


Figura 34: Distribuição das ligações interurbanas do Campus Macau.

4.6 CONSIDERAÇÕES QUANTO AO CAMPUS DE APODI, SÃO GONÇALO, NOVA CRUZ E PARNAMIRIM

Os campus de Apodi, São Gonçalo, Nova cruz e Parnamirim foram construídos enquanto se pensava em uma solução de telefonia baseada em VoIP. Dessa forma, não existe qualquer estrutura de telefonia pública nesses campus.

Os dados obtidos na análise das contas do campus de Macau servirão como referência nesse caso. Portanto, a economia obtida nesses campus será de R\$ 3.655,96 anuais.

Além disso, não será necessária a aquisição de infraestrutura de telefonia analógica. Considerando que seria necessária a compra de um PABX analógico de dezesseis ramais com custo de aproximadamente R\$ 2.500,00 e a compra de 20 telefones convencionais de custo aproximado de R\$ 40,00. Seriam economizados então R\$ 3.300,00 de cada campus referente à infraestrutura.

4.7 CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO CAMPUS CAICÓ, CURRAIS NOVOS, PAU DOS FERROS, IPANGUAÇU, JOÃO CÂMARA E SANTA CRUZ

Os dados referentes a estes campus não foram obtidas em tempo hábil, o que inviabilizou a análise do custo dessas ligações. Para esse trabalho, será considerado os mesmos dados obtidos em Macau, que mais se aproxima da realidade desses campus.

4.8 ANÁLISE GERAL DO BENEFÍCIO E RETORNO DO INVESTIMENTO

Feita a análise e considerações da cada campus é possível verificar o retorno de investimento, que pode ser calculado pela relação direta entre o valor total do investimento realizado e o valor total do retorno obtido.

Nesse caso, o investimento total do projeto pode ser considerado como o investimento com a compra dos equipamentos VoIP subtraindo-se o valor da aquisição dos equipamentos citados no item 4.6.

Dessa forma, o investimento total do projeto será de:

$$\text{Custo do projeto} = 221.260,60 - 4*(3.300,00) = \text{R\$ } 208.060,60$$

O retorno financeiro anual pode ser obtido pela economia em ligações adicionada a economia do aluguel dos PABX já citadas anteriormente.

A economia anual com ligações será de:

1950,00	<i>Referente ao Campus Natal Cidade Alta</i>
+ 6017,00	<i>Referente ao Campus de Mossoró</i>
+ 2035,00	<i>Referente ao Campus Natal Zona Norte</i>
+ 8305,00	<i>Referente ao Campus Natal Central e Reitoria</i>
+ 11 * 3.655,00 = 40205,00	<i>Referente aos demais Campus</i>

Portanto o total economizado com ligações será de **58.500,00** anuais.

Quanto aos contratos de locação de PABX o IFRN possui dois contratos, um de locação e outro de manutenção e programação que custam anualmente **R\$ 38.000,00** e **R\$ 5.400,00** respectivamente.

O Retorno totaliza **R\$ 101.500,00** por ano. Dessa forma o retorno de investimento será dado por:

$$ROI = \text{custo do projeto (R\$)} / \text{Retorno (R\$ / ANO)}.$$

$$ROI = 208.060,00 / 101.500,00$$

$$ROI = 2,05 \text{ anos}$$

Ou seja, aproximadamente dois anos.

4.9 RECOMENDAÇÃO DE MELHORIA DO PROJETO

Com a análise das contas telefônicas das unidade do IFRN foi possível perceber que grande parte do gasto com telefonia trata-se de ligações para celular. O IFRN possui contrato com o serviço de telefonia móvel que oferece telefones corporativos para alguns servidores.

Analizando o volume das ligações telefônicas para celular nos campus Natal central e Reitoria. Percebeu-se que 15% das ligações para celular tem como destino celulares corporativos do IFRN, isso representa um gasto anual de aproximadamente R\$ 19.200,00 apenas para esses campus. Considerando que os demais campus do IFRN obedecerem a mesma proporção, o gasto com ligações telefônicas para celulares corporativos aproxima-se de R\$ 33.000,00 anuais.

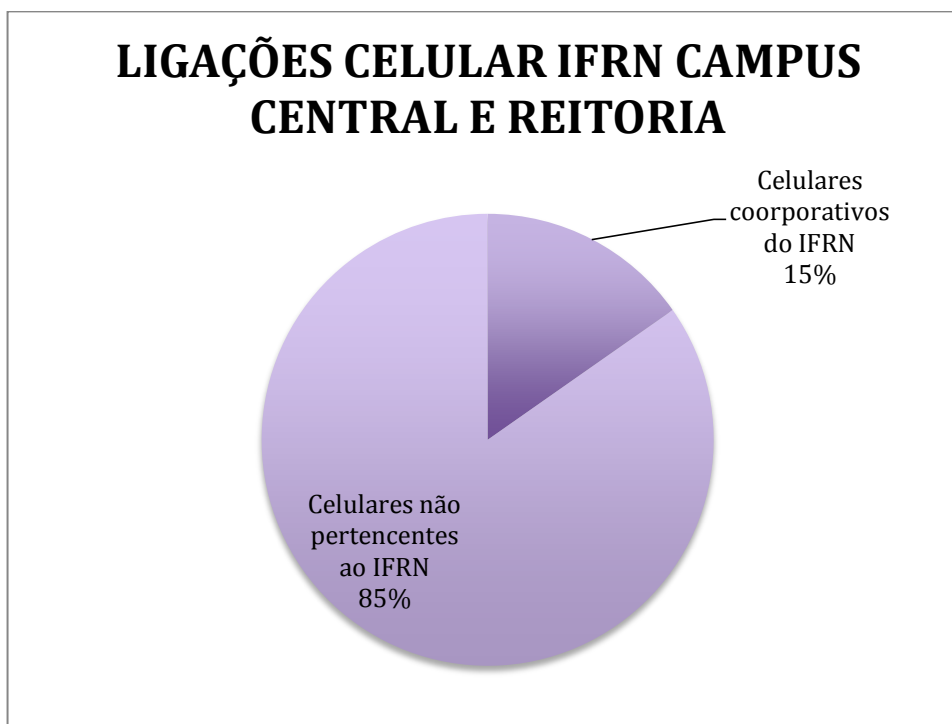


Figura 35: Distribuição das ligações celular.

Para atacar esse problema e reduzir esse custo basta investir em uma placa com interface GSM e instalar chips corporativos nela. O custo aproximado desse equipamento é de R\$ 5.000,00. Tendo em vista que o contrato de telefonia móvel oferece custo zero entre os telefones corporativos, as ligações que partissem da rede VoIP do IFRN com destino a rede móvel de telefonia corporativa teria custo zero. Reduzindo para um ano e meio o tempo de retorno do investimento.

Outra melhoria que pode ser adicionada é uma melhor integração do serviço VoIP ao projeto `fone@RNP` e outros projetos a nível nacional que permitiriam a redução do custo com ligações interurbanas. Feito isso, o tempo de retorno do investimento poderia ser reduzido ainda mais.

6 CONCLUSÕES

Com esse trabalho foi possível verificar que o projeto de instalação do serviço VoIP do IFRN apesar de ter um elevado custo com investimentos trará um retorno financeiro em um curto prazo. Em pouco mais de um ano o investimento terá sido pago e o IFRN terá reduzido as contas telefônicas em até 150.000,00 anuais.

Somando o retorno financeiro à robustez e qualidade do novo sistema, bem como a adição de novos recursos e novos aparelhos telefônicos, pode-se concluir que a implantação do novo sistema telefônico é extremamente benéfico a instituição.

A utilização de um sistema de telefonia baseado em IP trará ainda a possibilidade de integração com diversos sistemas baseados na mesma tecnologia, tornando o serviço muito mais fácil e útil para a instituição. O uso de comunicadores baseados em softwares integrados ao domínio e o uso de sistemas de vídeo conferência são exemplos disso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DAVIDSON, Jonathan et al. **Fundamentos de VoIP**: uma abordagem sistêmica para a compreensão dos fundamentos de voz sobre IP. [Voice Over IP fundamentals, 2nd ed. (Inglês) ISBN 9781587052576]. Tradução de Ricardo Balbinot. 2 ed. São Paulo: Bookman, 2008. 389 p. Inclui índice; il. tab. quad.; 25cm. ISBN 9788577801138.

BERNAL, Paulo Sergio Milano. **VOZ SOBRE PROTOCOLO IP**: A Nova Realidade da Telefonia. 1ed. São Paulo: Érica, 2007.

LOPES NETO, W. **Implantação da solução de VoIP Integrando todos os campi do IFRN**. Natal: DGTI – IFRN. 2010.