



Universidade Federal de Juiz de Fora  
Graduação em Engenharia Elétrica  
Telecomunicações

Kátia Táila Silva de Melo

Sistema de interfonia utilizando as tecnologias VoIP e PLC

Trabalho de Conclusão de Curso

Juiz de Fora  
2016

Kátia Táila Silva de Melo

Sistema de interfonia utilizando as tecnologias VoIP e PLC

Monografia apresentada a Graduação em Engenharia Elétrica, área de concentração: Telecomunicações, da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Eletricista.

Orientador: Prof. D.Sc. Fabrício Pablo Virgínio de Campos

Juiz de Fora  
2016

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Melo, Kátia Táila Silva de .

Sistema de interfonia utilizando as tecnologias VoIP e PLC / Kátia Táila Silva de Melo. -- 2016.

32 p.

Orientador: Fabrício Pablo Virgínio Campos

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2016.

1. VoIP. 2. PLC. 3. Telefonia. 4. PBX. I. Campos, Fabrício Pablo Virgínio, orient. II. Título.

Kátia Táila Silva de Melo

Sistema de interfonia utilizando as tecnologias VoIP e PLC

Monografia apresentada a Graduação em Engenharia Elétrica, área de concentração: Telecomunicações, da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Eletricista.

Aprovada em 22 de dezembro de 2016.

BANCA EXAMINADORA:

---

**D.Sc. Fabrício Pablo Virginio de Campos**

Universidade Federal de Juiz de Fora

---

**D.Sc. Álvaro Augusto Machado de Medeiros**

Universidade Federal de Juiz de Fora

*Dedico este trabalho a todos aqueles que me ajudaram a chegar até aqui.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus, Aos meus pais João Maurício e Sissi por todo amor, carinho, compreensão, apoio e ajuda que me deram durante toda a minha vida. À minha irmã Stéfani que sempre me apoiou, acreditou em mim, fez eu acreditar em meu potencial e por todo amor que me deu a vida toda. À minha irmã Lais que sempre esteve comigo, me deu amor, carinho, atenção, teve paciência, cuidou sempre que precisei e que foi indispensável na minha trajetória. E também a minha irmãzinha Ana Clara por ser meu bebê. Aos meus amigos Pedro, Iago, e Leticia por toda ajuda que me deram na faculdade, por todos os momentos felizes que me proporcionaram, por sempre estender a mão quando precisei. À minha querida avó Marlene, por todo amor que uma avó poderia dar, por sempre me receber com todo carinho do mundo e me apoiar sempre. Ao Professor Fabrício Pablo Virgínio de Campos pela orientação, ensinamentos, atenção e paciência durante todo o meu curso de graduação. Ao Professor Álvaro Augusto Machado de Medeiros, por todo apoio e dedicação durante a minha graduação. Agradeço a todos os professores da Engenharia Elétrica Telecomunicações, por todo apoio durante meu curso e que não me deixaram desistir. Agradeço também a todos os meus colegas de sala que contribuíram fortemente para minha formação. Agradeço à Universidade Federal de Juiz de Fora, à Faculdade de Engenharia e a Smarti9 pelo suporte financeiro e por prover as ferramentas necessárias para o desenvolvimento deste trabalho.

Love is a good reason to live

## RESUMO

O sistema de telefonia no Brasil já possui seu legado, e ainda sim não atinge toda a população, inclusive a mais carente, devido aos elevados custos de tal tecnologia. Atualmente a população de baixa renda recorre aos telefones celulares pelo fato de não ter uma conta fixa mensal e não ter a preocupação de ter que pagar para ter o serviço, uma vez que apenas tendo seu número você está apto a receber ligações se estiver dentro de seu Discagem Direta à distância (DDD). Tendo em vista a não exploração totalitária do sistema de telefonia, estudamos a tecnologia de Voz sobre Protocolo de internet (do inglês, *Internet Protocol*) (IP), Voz sobre IP (VoIP) que melhor utiliza os recursos disponíveis e tem valor mais acessível principalmente para a população mais carente. Outra tecnologia que utiliza os recursos existentes e que tem sido amplamente pesquisada devido as suas inúmeras vantagens é o Comunicação via rede elétrica (do inglês, *Power Line Communication*) (PLC) que realiza a transmissão de dados pela rede elétrica, que é um sistema já implantado em nosso país e que atinge cerca de noventa e oito por cento da população do país. Com a união dessas duas tecnologias temos uma ampla gama de sistemas de telefonia e interfonia que resolvem vários problemas como o de custos de implementação e também de sua implantação em locais onde não existe possibilidade de implantar infraestrutura.

Palavras-chave: VoIP, PLC, telefonia, PBX.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Modem PLC TP-Link. ....	25
Figura 2	ATA. ....	28
Figura 3	Telefone IP. ....	28
Figura 4	Pinagem do i9Phone. ....	33
Figura 5	Placa de som via USB. ....	34
Figura 6	Fonte 5V. ....	35
Figura 7	Teclado de Membrana. ....	36
Figura 8	Visor LCD. ....	37
Figura 9	Modem PLC. ....	37
Figura 10	Instalação do Raspbian: Passo 1. ....	38
Figura 11	Instalação do Raspbian: Passo 2. ....	39
Figura 12	Instalação do Raspbian: Passo 3. ....	39
Figura 13	Instalação do Raspbian: Passo 4. ....	40

Figura 14	Instalação do Raspbian: Passo 5. ....	40
Figura 15	Instalação do Raspbian: Passo 6. ....	41
Figura 16	Instalação e configuração do Asterisk: Passo 1. ....	42
Figura 17	Instalação e configuração do Asterisk: Passo 2. ....	42
Figura 18	Instalação e configuração do Asterisk: Passo 3. ....	43
Figura 19	Instalação e configuração do Asterisk: Passo 4. ....	43
Figura 20	Instalação e configuração do Asterisk: Passo 5. ....	43
Figura 21	Topologia com o servidor em PC. ....	45
Figura 22	Arquivo do i9Phone. ....	45
Figura 23	Topologia com o servidor no i9Phone. ....	46
Figura 24	IP do servidor. ....	47
Figura 25	Iniciando a interface CLI. ....	47
Figura 26	Instalação da máquina virtual: Passo 1. ....	50
Figura 27	Instalação da máquina virtual: Passo 2. ....	51
Figura 28	Instalação da máquina virtual: Passo 3. ....	51

Figura 29	Instalação da máquina virtual: Passo 4.	52
Figura 30	Instalação da máquina virtual: Passo 5.	52
Figura 31	Instalação da máquina virtual: Passo 6.	53
Figura 32	Instalação da máquina virtual: Passo 7.	53
Figura 33	Instalação do Elastix: Passo 1.	54
Figura 34	Instalação do Elastix: Passo 2.	54
Figura 35	Instalação do Elastix: Passo 3.	55
Figura 36	Instalação do Elastix: Passo 4.	55
Figura 37	Instalação do Elastix: Passo 5.	56
Figura 38	Instalação do Elastix: Passo 6.	56
Figura 39	Instalação do Elastix: Passo 7.	57
Figura 40	Instalação do Elastix: Passo 8.	57
Figura 41	Instalação do Elastix: Passo 9.	58
Figura 42	Instalação do Elastix: Passo 10.	58
Figura 43	Instalação do Elastix: Passo 11.	59

Figura 44	Instalação do Elastix: Passo 12.	59
Figura 45	Instalação do Elastix: Passo 13.	60
Figura 46	Configuração do Elastix: Passo 1.	60
Figura 47	Configuração do Elastix: Passo 2.	61
Figura 48	Configuração do Elastix: Passo 3.	61
Figura 49	Configuração do Elastix: Passo 4.	62
Figura 50	Configuração do Elastix: Passo 5.	62

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**ATA** Adaptador para Telefone Analógico

**CEMIG** Companhia Energética de Minas Gerais

**CLI** Linha de comandos (do inglês, *Command Line Interface*)

**DDD** Discagem Direta à distância

**GPIO** Portas de entrada e saída (do inglês *General Purpose Input Output*)

**HTTP** Protocolo de transferência de hipertexto (do inglês, *Hypertext Transfer Protocol*)

**IE** Equipamento Intermediário (do inglês, *Intermediate Equipment*)

**IETF** Força tarefa que organiza a rede (do inglês, *Internet Engineering Task Force*)

**IP** Protocolo de internet (do inglês, *Internet Protocol*)

**ITU-T** Setor de normatização das telecomunicações (do inglês, *Internacional Telecommunication Union* )

**MOS** Medida da qualidade de voz (do inglês, *Mean Opinion Score* )

**PBX** Troca automática de ramais (do inglês, *Private Branch Exchange*)

**PLC** Comunicação via rede elétrica (do inglês, *Power Line Communication*)

**PSTN** Rede telefônica pública comutada (do inglês, *Public Switched Telephone Network*)

**QoS** Qualidade de serviço (do inglês, *Quality of Service*)

**RAM** Memória de acesso aleatório (do inglês, *Random Access Memory*)

**SENAI** Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

**SESI** Serviço Social da Indústria

**SIP** Protocolo de iniciação de sessão (do inglês, *Session Initiation Protocol*)

**TE** Equipamento transformador (do inglês, *Transformer Equipment*)

**UFJF** Universidade Federal de Juiz de Fora

**URA** Unidade de Resposta Audível

**USB** Porta Universal (do inglês, *Universal Serial Bus*)

**VoIP** Voz sobre IP

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>17</b>
1.1	Motivação . . . . .	17
1.2	Objetivos . . . . .	18
1.3	Organização do trabalho . . . . .	20
<b>2</b>	<b>Revisão bibliográfica</b>	<b>21</b>
2.1	VoIP . . . . .	21
2.2	PLC . . . . .	24
2.3	Sistemas embarcados em Raspberry . . . . .	26
2.4	Outras soluções no mercado . . . . .	26
2.4.1	Usando equipamentos VoIP . . . . .	26
2.4.2	Usando equipamentos PLC . . . . .	29
<b>3</b>	<b>Definição do problema</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>Técnica proposta</b>	<b>32</b>
4.1	i9Phone . . . . .	32
4.1.1	Componentes . . . . .	32
4.1.2	Sistema embarcado . . . . .	38
4.2	i9Phone servidor . . . . .	41
4.2.1	Sistema embarcado . . . . .	41
4.2.2	Configuração . . . . .	42
<b>5</b>	<b>Análise de viabilidade técnica</b>	<b>44</b>

5.1	Teste com servidor em PC . . . . .	44
5.1.1	Topologia . . . . .	44
5.1.2	Configurações . . . . .	44
5.2	Teste com servidor no iPhone . . . . .	45
5.2.1	Topologia . . . . .	46
5.2.2	Configurações . . . . .	46
<b>6</b>	<b>Conclusões finais</b>	<b>48</b>
<b>7</b>	<b>Produção Científica</b>	<b>49</b>
<b>8</b>	<b>Apêndice A</b>	<b>50</b>
8.1	Instalação da máquina virtual . . . . .	50
8.1.1	Instalação do Elastix . . . . .	53
8.2	Configuração do Elastix . . . . .	60
	<b>Referências</b>	<b>63</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo será descrito a motivação para realização deste trabalho, os objetivos a ser atingidos e a organização do trabalho.

### 1.1 MOTIVAÇÃO

No Brasil, as redes de energia elétrica e as redes de comunicação por fio são praticamente desassociadas em sua totalidade. Os sistemas de comunicação disponíveis no Brasil têm, em geral, um custo relativamente alto para implantação e velocidades razoáveis. Um dos fatores importantes na composição do preço é o custo da implantação da tecnologia completa e a distância que separa o assinante do equipamento principal, que o conecta a um provedor de acesso. Além disso, alguns projetos, tanto para edificações como para distribuição das redes, não consideram a quantidade de cabos necessários para uma comunicação eficaz para todos os usuários.

Com a situação declarada, há um grande obstáculo para a instalação de redes de comunicação, tal como internet banda larga e comunicação por voz, em locais onde o acesso é inexistente ou árduo, como prédios e casas antigas, em sua maioria, por não preverem o avanço da tecnologia e não possuírem dutos para novo cabeamento ou os dutos da construção já se encontrarem entupidos com cabeamento antigo que não foi utilizado e tem sua remoção dificultada. Assim também, empresas de pequeno e médio porte, que utilizam de locais alugados, passam por situações equivalentes de limitação para a expansão de sua infraestrutura, além do alto custo gerado a cada nova mudança de local, que ocorre muito com empresas em expansão.

Para a criação de uma infraestrutura de rede de dados empresarial duas opções são utilizadas. A primeira trata-se do uso da Fibra Óptica, considerada uma solução de baixo impacto mas de elevadíssimo custo, principalmente por sua sensibilidade e alto nível tecnológico requerido para sua implementação. A segunda trata do uso do cabeamento de cobre, que resulta em um alto impacto ambiental na extração. Em [1]

vemos que, para a produção de 1 kg de cobre emite-se na natureza cerca de 6 kg de gás carbônico. Ambas soluções podem ser substituídas por novas tecnologias que permitem uma boa eficiência, baixo custo e menor impacto ambiental. Essa nova tecnologia seria o uso do Troca automática de ramais (do inglês, *Private Branch Exchange*) (PBX) digital e PLC, resolvendo os problemas abordados anteriormente.

A partir da encubadora da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) Critt, o professor Fabrício foi procurado para solucionar o problema de um condomínio, que precisava de uma solução de baixo custo e fácil implementação para um condomínio horizontal já construído que não possuía cabeamento para interfonia. A primeira proposta oferecida ao condomínio foi passar o cabeamento para interfones, comprar os interfones e um PBX para gerenciar as chamadas, mas essa solução era muito cara. Depois disso tentou-se utilizar celulares para solucionar o problema da interfonia, mas tal solução não resolvia o problema, visto que, além de não ser uma solução de interfonia, apareceram outros novos problemas como sinal celular inexistente em certos pontos do condomínio e a necessidade de recarga dos aparelhos que eram pré-pagos.

Com isso em mente, a solução proposta pelo professor Fabrício foi a criação de um sistema que integra VoIP e PLC que já aproveita parte da infraestrutura existente e só precisa de a instalação de alguns novos equipamentos para a implementação dessas tecnologias. A solução atingiu um custo mais baixo que as soluções oferecidas anteriormente, e também cumpriam o papel de interfonia solucionando todos os problemas abordados.

Ao analisar a solução deste problema, foi percebido que este método pode solucionar também outro tipo de entraves, percebeu-se a importância de fazer melhorias na solução oferecida ao condomínio, como por exemplo a integração dos equipamentos utilizados, e com isso surgiu a proposta deste trabalho, que é fazer um telefone que utiliza as tecnologias VoIP e PLC no mesmo aparelho.

## **1.2 OBJETIVOS**

O objetivo principal deste trabalho é resolver o problema de interfonia, reduzindo os custos e recursos necessários para sua implementação, facilitando o acesso a uma estrutura de telefonia de qualidade para as camadas da população de baixa renda. Um dos maiores objetivos nesse projeto é reduzir gastos, e uma maneira é reduzindo o custo dos cabos. Vale a pena pensar também no custo ambiental, pois estamos inseridos em um contexto em que a produção de gás carbônico, ao gerar uma tecnologia,

deve ser computada. Com o objetivo de diminuir a produção desse gás carbônico, devemos diminuir o uso de cabos de cobre, pois na extração do cobre temos uma grande geração desse gás, que gera um grande impacto ambiental. E se pudermos diminuir essa produção, as empresas de grande porte produtoras de tecnologias, poderão inclusive vender seus créditos de carbono, gerando uma outra forma de lucro, além de reduzir os custos.

Por isso, a questão ambiental tem sido frequentemente abordada devido ao efeito estufa, que interfere no balanço da natureza, alterando ciclos como o da água, ocasionando derretimento de geleiras, entre outros problemas. Com isso em mente, e a partir do Protocolo de Kyoto, diversas empresas tem buscado pela redução da emissão de gás carbônico, como já foi citado anteriormente.

A interfonia e a telefonia são tratadas normalmente nas residências de forma separada, porém alguns condomínios modernos já permitem a integração de ambas, sendo tratada de forma excepcional e de alto custo. A mesma tecnologia já é utilizada há tempos por empresas que necessitam de comunicação externa (telefonia) e comunicação de ramais (interfonia). A telefonia demanda de uma empresa externa prestadora de serviços, para implementação e manutenção do serviço. Em contra ponto, a interfonia demanda de um maior esforço de implementação inicial pelo próprio usuário. Este custo geralmente é alto, mas é um investimento que a longo prazo é viável, pois os ramais conversam entre si sem custo e isso reduz os gastos da empresa com a telefonia interna. Necessitando apenas de um equipamento e de uma prestadora de serviços de telefonia para as ligações externas.

Foi identificado grande demanda por telefonia/interfonia nestes cenários, sendo que, uma das grandes barreiras e a necessidade de implantação de uma infraestrutura dedicada para tal aplicação. Deste modo, essa infraestrutura requer a possível instalação de novos cabos, possíveis obras de alvenaria, equipamentos específicos para as ligações, etc. Por outro lado, o uso das redes de energia elétrica já presente seria uma solução imediata, simples e barata para atender a transmissão de voz.

A tendência atual do mercado de telefonia, tem demonstrado que o uso de PBX digitais tem se tornado interessante, devido ao menor custo em relação à tecnologia tradicional. Com isso, várias empresas tem direcionado seus investimentos a essa tecnologia por demandarem menor esforço estrutural e de montagem, e não ter diferença do uso para o usuário final. A implementação dessa tecnologia está se iniciando, e por isso ainda não está consolidada no mercado, mas tem bons indicativos de crescimento

na área.

Além disso, tem-se também a questão de que as tecnologias oferecidas atualmente no mercado não proporcionam a adaptação de seu produto original aos portadores de necessidades especiais, que muitas vezes, encontram grande dificuldade ao buscar por este tipo de produto. Esta dificuldade ocorre devido ao baixo investimento de mercado no uso de *software* embarcado e também por ser um público muito específico, o *software* embarcado permite a utilização de *Open Sources* flexibilizando o produto e aumentando o seu valor agregado.

### **1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO**

Este trabalho está organizado da seguinte forma, será realizada uma revisão bibliográfica no próximo capítulo em que será detalhado um pouco sobre cada tecnologia utilizada e também outras tecnologias existentes no mercado relacionadas à este problema. Depois, no capítulo 3, será definido o problema, e mostrado a solução realizada neste trabalho para resolver o problema de interfonia abordado na seção anterior. No capítulo 4, será apresentado o passo a passo.

No capítulo 5, serão mostradas as topologias e os testes realizados para testá-las. No capítulo 6 são contempladas as conclusões do trabalho e propostas para novos trabalhos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão abordadas as tecnologias existentes no mercado atualmente. Além disso também é importante conhecer as tecnologias empregadas nesse trabalho, que são a VoIP , PLC e a de sistemas embarcados. Será visto também como tais tecnologias são empregadas no mercado atual e o porque de elas não satisfazerem a necessidade do mercado.

### 2.1 VOIP

A tecnologia VoIP é baseada no transporte de voz através do protocolo da internet. A internet quando foi criada, tinha como objetivo realizar apenas trocas de informações a nível de dados, ela não foi projetada para aplicações de tempo real como a voz. Levando isso em consideração, tem-se que lembrar que o protocolo IP é baseado no sistema de melhor esforço, ou seja, não tem a entrega garantida dos pacotes e para aplicações como a voz esse sistema não é o ideal. Mas essa tecnologia, provê os meios de utilizar esse protocolo para a transmissão de dados, e com isso transforma a voz em pacotes, a fim de que ela seja facilmente transportada por essa rede. Também é levado em consideração mecanismos de Qualidade de serviço (do inglês, *Quality of Service*) (QoS) para garantir que a conversa seja realizada de forma confortável para os usuários da maneira como acontece na rede de telefonia já existente.

Para isso, são utilizadas algumas técnicas e protocolos que ajudam nesse controle. Em [2] é descrito o meio de se fazer uma análise da qualidade da chamada utilizando vários *softwares*, cada um com uma função como análise do *jitter*, atraso e perda de pacotes, e verificou-se que o uso de apenas um software não é o ideal para realizar uma análise completa da qualidade. E portanto, ao se fazer um estudo sobre a qualidade da chamada VoIP, utiliza-se vários programas e uma posterior análise, cruzando esses resultados, deve ser realizada.

A questão da qualidade é a mais discutida quando se fala de VoIP, pois essa tec-

nologia vem com o objetivo de melhorar a telefonia, complementar e maximizar seu uso. Por isso, essas análises devem ser realizadas, uma vez que queremos saber se esse serviço pode ter realmente um uso significativo nos dias de hoje com a tecnologia disponível existente.

Uma questão importante disso, é que como utilizamos a internet, as taxas devem ser altas, embora a voz em si não necessite de uma banda larga para ser transmitida, devemos lembrar que essa aplicação não é usada exclusivamente para o envio da voz e estes outros usos podem prejudicar consideravelmente a chamada de voz. No contexto de tecnologia atual, apesar de países como o Brasil não possuir mais que 50% de pessoas com banda larga em casa, é sabido que altas taxas são oferecidas no mercado e que muitas vezes os planos mais baratos de banda larga já suprem a necessidade da banda necessária para o uso do VoIP.

Com isso em mente, é interessante explorar mais a fundo os conceitos dessa tecnologia, em que existe servidor e cliente, e o cliente costuma ser mais simples por só ter que fazer requisições ao servidor e o servidor por isso, é mais complexo por ter que responder às requisições de todos os clientes.

O servidor VoIP é o responsável por direcionar as chamadas, controlar os usuários inscritos em sua rede, adicionar funcionalidades extras, como por exemplo, o correio de voz e o serviço de direcionamento de chamadas para a rede pública de telefonia. Também em [2] foi realizado um estudo sobre a melhor opção de servidor VoIP, e foi concluído que o *Open Source Asterisk* atende à maioria das requisições e, além disso, fornece aplicações que, se fossem utilizado um sistema analógico como um PBX físico, deveriam existir vários outros hardwares conectados a ele para oferecer todos os recursos disponíveis. Com isso também é importante citar que o Asterisk é um PBX digital, e que um PBX tem a função de criar usuários, ramais, identificá-los, criar troncos para redirecionamento de chamadas, entre outros. E com isso, pode ser montado um sistema que só necessita de um servidor Asterisk que demanda somente de um *hardware* para sua implementação, reduzindo consideravelmente os custos.

Além dessa abordagem de redução de custos, vale a pena lembrar que as ligações feitas entre os ramais, ou seja, os clientes que são pertencentes ao servidor Asterisk, são sem custo algum, e que as chamadas que são direcionadas a Rede telefônica pública comutada (do inglês, *Public Switched Telephone Network*) (PSTN) podem ter seu direcionamento feito por sites que oferecem esse serviço a baixíssimos valores, tendo uma grande força de competição em comparação as redes de telefonia pública disponíveis,

principalmente no Brasil onde os custos de telefonia são elevados.

Os valores no Brasil são tão elevados que os usuários tem em sua maioria celulares, devido ao fato de não ser necessário o pagamento de um valor fixo mensal e ter a recarga de créditos somente quando necessário seu uso. O que leva a acreditar que a implementação desse sistema em nossa realidade é completamente viável.

Além das questões de custo, deve-se também entender melhor as características técnicas desse sistema. Como por exemplo, os protocolos utilizados e o porque desse uso. O primeiro protocolo a ser abordado nesse estudo é o Protocolo de iniciação de sessão (do inglês, *Session Initiation Protocol*) (SIP), que é um protocolo de sinalização que foi feito pelo Força tarefa que organiza a rede (do inglês, *Internet Engineering Task Force*) (IETF). Ele é baseado em texto e é aberto e flexível, sendo semelhante ao Protocolo de transferência de hipertexto (do inglês, *Hypertext Transfer Protocol*) (HTTP), além disso é responsável por descrever sessões multimídia, comunicar a existência de uma sessão e negociar as informações suficientes para o estabelecimento da sessão, isto é, é o protocolo que realiza o *handshake* para se iniciar a comunicação. Semelhante a ele existe o protocolo H.323, mas ele foi feito pelo Setor de normatização das telecomunicações (do inglês, *International Telecommunication Union*) (ITU-T), que tem o mesmo objetivo do SIP, mas é mais complexo e possui mais processos envolvidos na comunicação, e por isso tem sido cada vez mais substituído pelo SIP. Em [2] vemos os detalhes das diferenças entre esses dois protocolos.

Outro ponto a ser abordado são as tecnologias utilizadas para fazer essa conversão do sinal analógico para um sinal digital, e com isso tem-se três opções: o uso do telefone convencional com o uso do Adaptador para Telefone Analógico (ATA), que é um adaptador que transforma o sinal do telefone comum em um sinal digital; o uso de telefones IP, que anteriormente já fazem essa mudança e são conectados diretamente ao cabo Ethernet responsável para transmissão dos dados; e finalmente o uso de *softphones*, que são *softwares* instalados em computador que realizam essa conversão.

No presente trabalho foi utilizado o *softphone* Zoiper devido ao seu uso anterior na disciplina de Sistemas de comunicação I e por ter fácil uso e utilizar o protocolo SIP. Sua configuração será demonstrada em sessões posteriores. Além disso, também deve-se saber que seu uso é gratuito e aberto, sendo este um ponto importante de sua escolha. Mas, no mercado existem outras opções que oferecem o fácil uso, que são abertos e que também podem ser utilizados para a aplicação em questão.

Para concluir esta seção, sabemos que para o sucesso da comunicação VoIP, temos

que pensar na questão de priorizar os pacotes enviados por ser uma utilização de tempo real, e um parâmetro importante para isso é o *Diffserv* que é caracterizado por possuir níveis de prioridades e indicar isso no cabeçalho do protocolo de internet. A sua definição foi estudada em [3] e também vista em [2].

## 2.2 PLC

PLC é uma tecnologia que faz o envio de pacotes de dados pelos cabos da rede elétrica. Embora pareça ser nova, ela é bem antiga, pois já era utilizada para enviar sinais de controle desde 1920 como visto em [4]. Só a partir da década de 80, que ela começou a ser explorada para o envio de dados propriamente ditos.

É importante salientar que, de acordo com a Pesquisa nacional por Amostra de Domicílios [5], em 2011 69,1% da população de 10 anos ou mais de idade tinham celular para uso pessoal, e 83,1% da população brasileira entre 25 e 29 anos. Mas ainda assim, o acesso à rede internet não é tão amplo quanto essas porcentagens. Embora exista um crescimento expressivo de pessoas com acesso a computadores com acesso à internet, estima-se que apenas 58% da população brasileira tem acesso hoje em dia.

Em contrapartida, com esse cenário construído, é importante lembrar que 98% da população tem acesso à rede elétrica, e com isso pode ser vista a possibilidade da implementação da tecnologia PLC no país, principalmente a domiciliar como visto em [6], a fim de alcançar uma maior parte da população e oferecer a preços acessíveis o acesso à internet.

Tendo isso em mente, deve-se analisar o sistema elétrico do país, de sua geração até a distribuição da energia elétrica. Alguns problemas encontrados na rede são o ruído, a atenuação e a impedância de rede. O ruído pode ser gerado por diversos equipamentos existentes em uma residência, alguns deles são computadores, carregadores, aspiradores de pó, entre outros. Já a atenuação é relacionada com a frequência e com a distância percorrida pelo sinal, e isso limita consideravelmente a distância de transmissão em altas frequências, que é o caso deste trabalho. A impedância de rede tem grande influência na qualidade da transmissão de sinais, pois quando há o descasamento de impedâncias, o sistema não entra em ressonância gerando perdas, isso foi visto em [7]. Ela resulta de três fatores: impedância do transformador de distribuição, impedância característica do cabo e impedância dos equipamentos conectados. Todas essas impedâncias devem ser levadas em consideração quando analisada a impedância da rede.



Após apresentados os problemas inerentes a tecnologia, pode-se pensar nos equipamentos necessários para se montar uma topologia PLC. Será chamado de rede interna, aquela em que o usuário final tem acesso. Ela é constituída pela rede de distribuição elétrica nas instalações existentes e pelos *modems* utilizados para a conexão dos equipamentos que serão interligados ao serviço. Os *modems* PLC possuem uma interface RJ45 que é a entrada de cabo Ethernet, e pinos de tomada apresentado na Figura 1.



Figura 1: Modem PLC TP-Link.

Após a rede interna, tem-se outro nível que é chamado de rede de acesso. Ela se inicia com o medidor de energia elétrica do usuário com Repetidores BT ou Equipamento Intermediário (do inglês, *Intermediate Equipment*) (IE). Esses equipamentos tem como função receber os sinais PLC gerados no modem, efetuar o *by-pass* do medidor e reinjetá-los na rede de baixa tensão. Se for um prédio, deve-se instalar apenas o IE e ele executará a mesma função. Porém esses equipamentos tem a capacidade de enviar o sinal apenas até 300m, então se a distância a ser percorrida por ele for maior, deve-se inserir também um repetidor. A cada 300m um novo repetidor deve ser instalado. Após esses equipamentos, deve existir um equipamento que é um repetidor de baixa e média tensão que é conhecido como Equipamento transformador (do inglês, *Transformer Equipment*) (TE). Ele fica junto ao transformador da rede elétrica e recebe os sinais PLC transmitidos pelos diversos IE da rede e os coloca na rede de média tensão.

Por fim, tem-se a rede PLC de distribuição, onde acontece a interligação da rede elétrica com a rede de dados, ou seja, com a rede de transporte da operadora de

telecomunicações. Esta ligação é feita pelo *Master* que muitas vezes é utilizado para suprimir o repetidor de baixa tensão, reduzindo assim os custos de implantação.

Outros equipamentos necessários a essa infraestrutura completa, são a caixa de distribuição e o isolador de ruídos, onde a caixa de distribuição é utilizada com a finalidade de facilitar a distribuição do sinal PLC em painéis elétricos de prédios e o isolador de ruídos é utilizado para a conexão do modem PLC se no mesmo circuito existir aparelhos eletrônicos.

### **2.3 SISTEMAS EMBARCADOS EM RASPBERRY**

A proposta inicial do projeto, consiste no uso de um sistema eletrônico com Linux embarcado (Raspberry Pi) para que, de forma simplificada, criar-se um *SotfPhone* (cliente) e no mesmo, se instalasse um Open Source VoIP (servidor). Para criação da camada de enlace de dados através da rede de energia elétrica, projetou-se o uso de um PLC para que o mesmo consiga estruturar a rede IP necessária para a proposta utilizando as redes elétricas.

Utilizando *softwares* embarcados em Raspberry Pi, em [8] pode-se ver as funcionalidades desse microcomputador. Além de seu baixo custo, ele é um *hardware* que foi desenvolvido para aplicações realizadas por estudantes, tendo capacidade para executar o tipo de serviço necessário na produção de um telefone com os quesitos buscados para este trabalho e também ter opções como portas Porta Universal (do inglês, *Universal Serial Bus*) (USB) para a ampliação de seu uso com outros *hardwares* desenvolvidos para os portadores de necessidades especiais, por exemplo.

### **2.4 OUTRAS SOLUÇÕES NO MERCADO**

No mercado, existem várias soluções implementando alguma das tecnologias descritas anteriormente. Nesta seção essas soluções serão explicadas e também será visto o motivo de elas não ser compatíveis com o problema abordado neste trabalho.

#### **2.4.1 USANDO EQUIPAMENTOS VOIP**

A tecnologia VoIP vem ganhando força, principalmente pelo seu custo reduzido e simplificado, se comparado a outros tipos de serviço com a mesma finalidade. Fatores provenientes principalmente do compartilhamento e do aproveitamento da estrutura

de rede já existente. Uma barreira encontrada na implementação é o fato de 50% das residências e condomínios no Brasil não possuírem cabeamento de rede de dados.

Como a tecnologia VoIP é relativamente nova, vale a pena pesquisar sobre seu desempenho, a fim de decidir se é viável para ter o uso equiparado a qualidade da telefonia já implantada atualmente. Com isso em [9] pode ser visto que existem vários *Codecs* que realizam a compressão e codificação da voz sem perda significativa da qualidade, existem algoritmos específicos para essa aplicação que realizam essa supressão sem reduzir a qualidade, ou seja, continua a fornecer os quesitos mínimos para telefonia vistos em [10], que são inteligibilidade, qualidade e reconhecimento, e isso é respectivamente, entender o que está sendo dito, ouvir numa qualidade mínima classificada pelo Medida da qualidade de voz (do inglês, *Mean Opinion Score* ) (MOS) e reconhecer a pessoa que está se comunicando com você.

Além disso, é também importante conhecer a fundo o PBX virtual que está sendo utilizado, que no caso deste trabalho é o Asterisk que é um *Open Source*, ou seja, um *software* que permite que seu código seja alterado. Assim, pode-se utilizar as diversas aplicações disponibilizadas por ele, como o uso de ramais, Unidade de Resposta Audível (URA), encaminhamento de chamadas, entroncamento para a PSTN e outros. Com isso, foi visto em [11] as vantagens e desvantagens de se utilizar esse tipo de PBX digital, sendo a principal vantagem o baixo custo e a principal desvantagem a necessidade de uma pessoa capacitada para sua implementação. Foi concluído que para a aplicação deste trabalho é o tipo mais viável, tendo como objetivo uma forma simples de implementar um gerenciador de chamadas, que realiza facilmente as funções desejadas e ainda possibilita outras funções necessárias para casos específicos, como o uso da URA que é uma gravação de voz que explica os comandos necessários para a pessoa que está tentando se comunicar com a empresa se direcionar com facilidade ao ramal desejado.

Existem no mercado, equipamentos VoIP para facilitar o acesso a essa tecnologia pelo usuário final. É mostrado na Figura 2, um ATA que é responsável por fazer a interface entre a tecnologia IP e a tecnologia analógica, com isso o usuário final apenas utiliza um telefone convencional, sem ter conhecimentos da tecnologia VoIP. Outro equipamento muito utilizado é o telefone IP visto na Figura 3, que é um telefone que realiza a interface entre a tecnologia IP e a analógica internamente, também tendo um fácil uso para o usuário final.



Figura 2: ATA.



Figura 3: Telefone IP.

Esses equipamentos VoIP e as diferentes tecnologias que podem ser feitas, resolvem problemas de telefonia, consegue reduzir os gastos, pois as diferentes topologias que podem ser feitas, tem custo menor do que a implementação de uma tecnologia de telefonia convencional. Mas somente a tecnologia VoIP não resolve todos os problemas, principalmente o do cabeamento, que gera um alto custo e assim não é suficiente para

a solução do problema descrito.

#### **2.4.2 USANDO EQUIPAMENTOS PLC**

O PLC é uma tecnologia que se utiliza das instalações elétricas como meio de comunicação. Tendo em vista que 97,8% das residências no Brasil possuem energia elétrica, essa tecnologia não necessita de grandes investimentos em infraestrutura para ser implantada comparada à outras tecnologias disponíveis no mercado. Sendo assim, qualquer instalação comercial ou residencial com acesso à rede de energia elétrica é um potencial usuário do sistema proposto.

Analisando redes PLC, vemos em [12] que seu uso possui inúmeras vantagens como a de aproveitar de uma infraestrutura já existente atualmente no Brasil, podendo levar esse acesso a quase toda a população, sem discriminação, atingindo até a população de mais baixa renda, pois hoje em dia grande parte dos brasileiros possuem rede elétrica em suas residências, sendo 98% e também ao compararmos com as outras tecnologias disponíveis no mercado como outras tecnologias cabeadas e tecnologias sem cabo, que existem situações onde a aplicação da tecnologia PLC é a mais viável, mesmo com sua atenuação e perdas, as vantagens oferecidas superam esses problemas.

Além dessa questão, foi analisado o seu uso na rede elétrica brasileira, e foi visto que em [13] fica claro de que mesmo, com todos os problemas existentes na rede elétrica do país, como a variação de cargas ao ligar eletrodomésticos como micro-ondas, máquinas de lavar roupas entre outros. A implantação de redes PLC é totalmente viável e possível, em um trabalho realizado com a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) [14] para análises de como seria feita essa transmissão devido as frequências utilizadas, perdas, atenuações e outros problemas comuns a essa tecnologia, foi visto que realmente sua implementação é possível.

Mas essa tecnologia, só resolve o problema com reutilização da infraestrutura já implementada, mas não oferece soluções para interfonia/telefonia como desejado, portanto a implementação somente desta tecnologia não soluciona o problema abordado nesse trabalho.

### 3 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

O principal problema abordado neste trabalho é o de infraestrutura para interfonia e telefonia. O custo para implementação dessas tecnologias, como já foi visto anteriormente, é alto e o custo para o usuário final ter esses serviços em casa também é elevado, excluindo assim grande parte da população. A demanda pelo uso de telefonia é alto e oferecer meios economicamente viáveis à parcela de mais baixa renda da população, é algo interessante a se abordar, visto que a necessidade de tal serviço é elevada e praticamente indispensável no contexto vivido atualmente.

Atualmente, com o programa do governo Minha Casa Minha Vida, a demanda por interfonia tem ultrapassado as barreiras de condomínios apenas prediais, e tem atingido também os condomínios residenciais, visando a segurança dos moradores e a necessidade de comunicação entre as casas e entre as casas e a portaria. Esses condomínios são compostos por população de baixa renda, e não tem em sua construção o cabeamento para interfonia, visto que seu objetivo é apenas o de fornecer residências para pessoas que não possuem perspectiva de sair do aluguel devido ao valor elevado dos imóveis.

Foi mostrado na seção anterior que existem métodos no mercado que solucionam parte do problema, como por exemplo a tecnologia VoIP que atende a questão de disponibilizar ligações interiores e exteriores ao condomínio possuindo baixo ou nenhum custo além do custo de sua implementação que também é bem reduzido. E a outra tecnologia que soluciona uma parte diferente do problema é a PLC, que soluciona a questão de infraestrutura, onde extingue a necessidade do cabeamento para transmitir dados, utilizando os cabos de energia que já são existentes até mesmo nesses condomínios mais simples.

Deste modo, foi identificado a necessidade de um sistema único que atenda as seguintes restrições: a instalação deve ser simplificada e deve ter um uso simplificado para o usuário final; a instalação da solução não deve demandar de infraestrutura já existente, como a de cabeamento de telefonia ou de rede; o sistema deve ser flexível para atender vários serviços de telefonia e interfonia, como a distribuição em ramais,

casas ou apartamentos, custo baixo ou zero para o minuto falado, possibilidade de integração com a rede pública de telefonia já implementada e também a integração com a telefonia móvel também já existente.

A junção dessas duas tecnologias em um único sistema, atinge as restrições descritas anteriormente. Em [15] foi visto que a transmissão de vídeo e voz via tecnologia PLC é viável, foram realizados testes devido a esta ser uma aplicação de tempo real, e foi constatado que esse tipo de rede suporta tal serviço. Esse sistema funciona em distâncias de até 300m, e foi visto em [16] que na rede brasileira foram realizados testes que mediram a viabilidade de transmissão de voz utilizando VoIP na rede elétrica existente e foi possível. Essa distância atingida é viável mesmo para um condomínio horizontal, que pode ser maior do que 300m, mas o uso de repetidores resolve o problema e não gera custos elevados. As taxas demandadas para o sistema VoIP são de 64Kbps e a tecnologia PLC estudada pode atingir taxas até de 300Mbps, satisfazendo também essa condição técnica.

Além disso, devemos pensar sobre a demanda do número de clientes, visto que condomínios, principalmente prediais, podem contar com uma grande quantidade de ramais necessários, o sistema implementado oferece a capacidade de até 100 clientes por servidor, e também possibilita que 10 conversas ocorram simultaneamente. O custo do equipamento desenvolvido deve ser baixo, e o telefone desenvolvido nesse projeto está na faixa de 150 a 250 reais para valor de venda.

## 4 TÉCNICA PROPOSTA

Devido ao problema abordado no capítulo anterior, fica claro que deve ser feita a integração das tecnologias VoIP e PLC. A união destas tecnologias resolve o problema da interfonia e possibilita também a telefonia. Devido a isso, será descrito o processo de montagem do protótipo criado, que integra as duas tecnologias, utilizando também sistemas embarcados. A implementação do Asterisk no Raspberry, teve importante papel na solução do problema, pois, o sistema se tornou ainda mais viável pela sua portabilidade.

### 4.1 I9PHONE

Nesta seção será descrito o processo de montagem do protótipo, instalação de *softwares* e configurações dos *hardwares*.

#### 4.1.1 COMPONENTES

Após as configurações no *software*, foi inicializado a montagem do telefone. Foram realizadas as conexões no Raspberry de acordo com a pinagem descrita pelo Serviço Social da Indústria (SESI)/Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) de Florianópolis como podemos observar na Figura 4 .Ou seja, foi conectado o visor LCD e o teclado de membrana. Depois conectamos um cabo Ethernet na porta Ethernet do Raspberry e na porta Ethernet na porta do modem PLC da TP Link que foi aberto para sua alocação em uma carcaça de telefone. Para aproveitar o fone e microfone do telefone convencional e deixar sua aparência mais agradável para o usuário final, foi utilizada uma placa de áudio via USB 5, e nela foi soldado os cabos de fone e microfone em suas entradas.



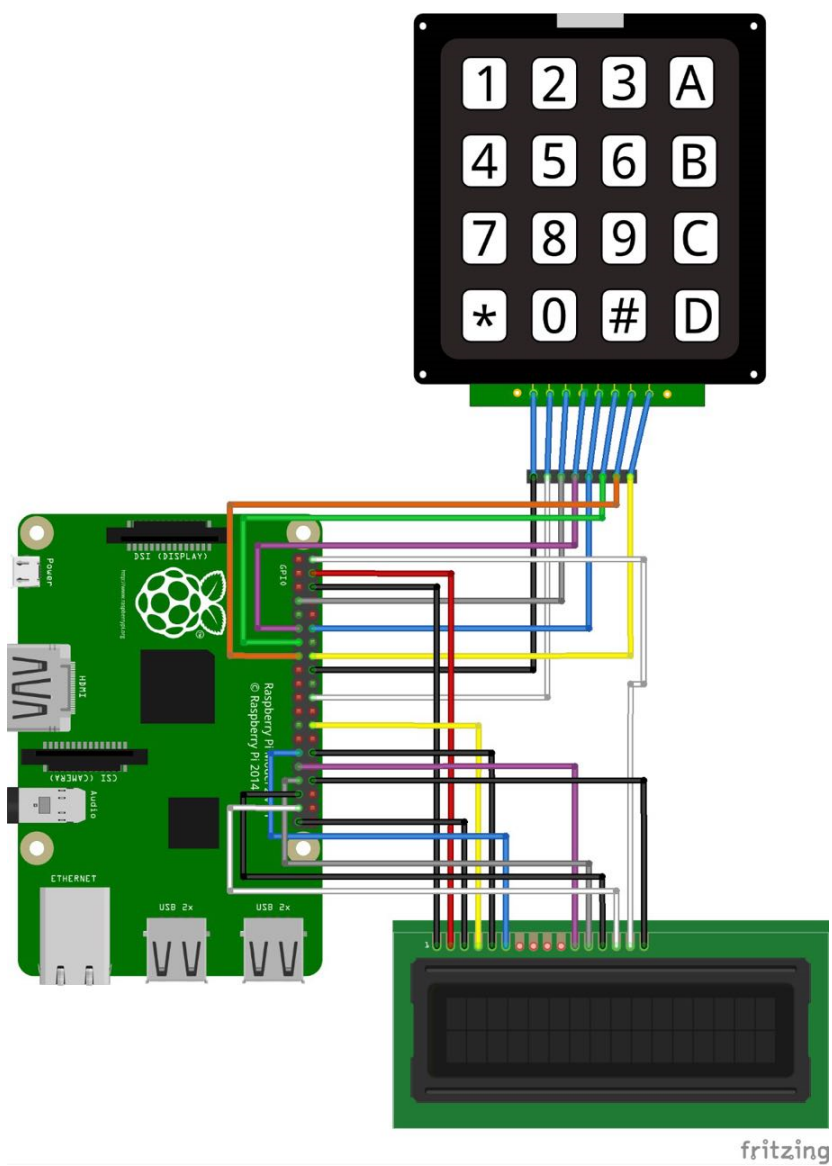


Figura 4: Pinagem do i9Phone.



Figura 5: Placa de som via USB.

Outro ponto importante foi o uso da fonte de 5V Figura 6, para alimentar o Raspberry, que alimenta o teclado Figura 7 e o visor **LCD!** (LCD!) Figura 8, nessa fonte foi soldado um cabo que além de conectar a ela, conecta a entrada do modem PLC Figura 9, fazendo com que ambos sejam alimentados simultaneamente.



Figura 6: Fonte 5V.



Figura 7: Teclado de Membrana.



Figura 8: Visor LCD.



Figura 9: Modem PLC.

Juntando tudo e fechando o telefone, ficou-se com um telefone em que a única saída vista é uma tomada. Está disponível também entradas USB do Raspberry que não foram utilizadas e que podem ser aproveitadas para integrar *hardwares* como leitor braile para portadores de necessidades especiais.

#### 4.1.2 SISTEMA EMBARCADO

Inicialmente, foi instalado o sistema operacional Raspbian no Raspberry. Ele é desenvolvido para o Raspberry e foi baseado no Debian. Para realizar essa instalação foi seguido um tutorial encontrado em [17] em que foi mostrado o passo a passo realizado a seguir. Primeiro foi realizado *download* de dois arquivos, um deles é o NOOBSv12zip que contem todos os arquivos necessários para a instalação do Raspbian encontrado em [18]. O sistema operacional do Raspberry é instalado em um cartão de memória com no mínimo 8Gb de espaço disponível, então antes de iniciar a instalação, foi feito *download* de um programa chamado SDFormatter4 encontrado em [19] para formatar o cartão de memória micro SD.

Ao abrir a ferramenta, deve-se fazer as seguintes configurações como está demonstrado na Figura 10.

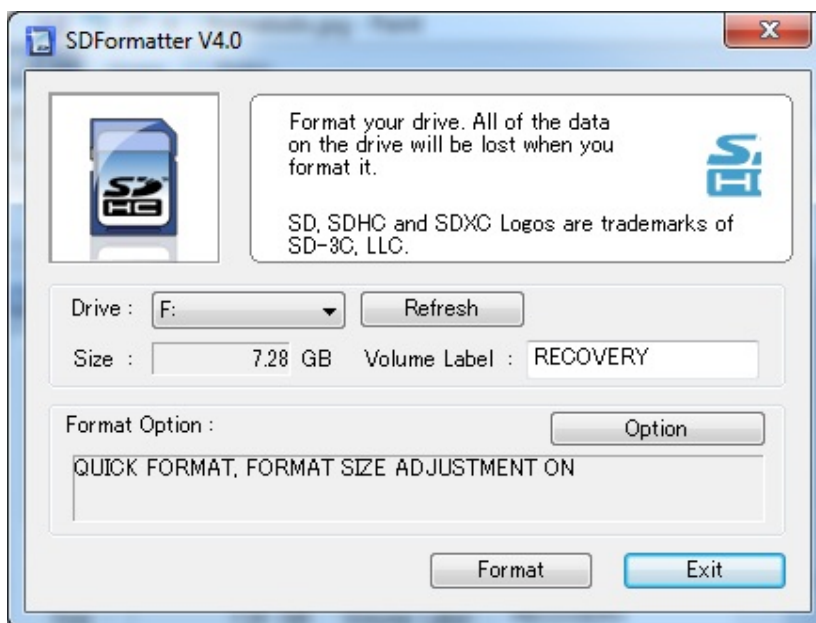


Figura 10: Instalação do Raspbian: Passo 1.

Depois deve-se clicar em *Option* e selecionar a opção *On* em *Format Size Adjustment* como mostra a Figura 11.

Após selecionadas as opções citadas anteriormente, foi clicado em *Format* para

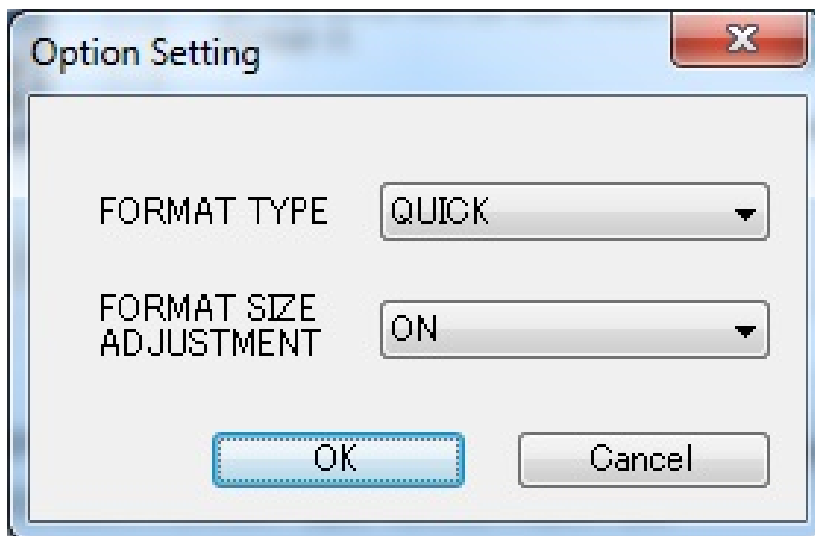


Figura 11: Instalação do Raspbian: Passo 2.

formatar o cartão de memória, e agora com ele pronto para instalar o Raspbian, foi descompactado o arquivo NOOBSv12zip dentro do cartão e devendo-se ter os seguintes arquivos Figura 12.

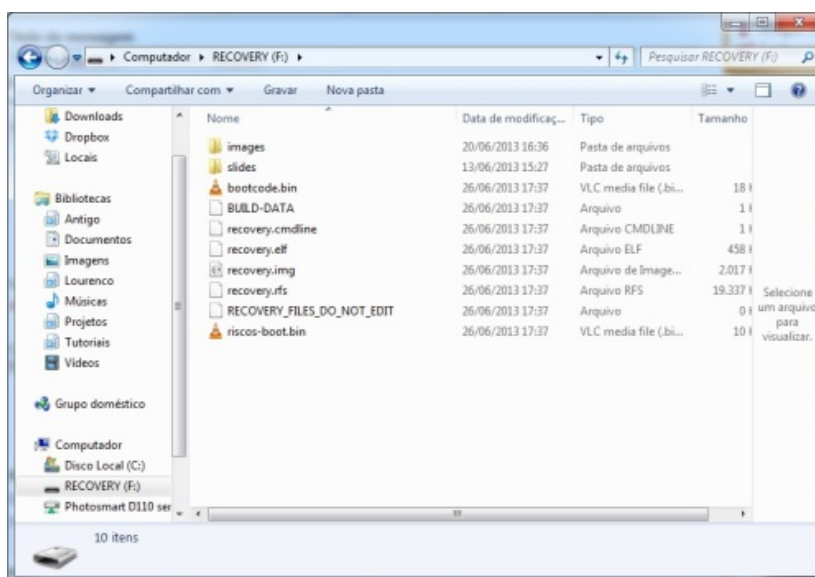


Figura 12: Instalação do Raspbian: Passo 3.

Depois foi ligado o Raspberry em um monitor HDMI e conectado teclado e *mouse* para instalar o Raspbian, ao ligar o Raspberry foi obtido a seguinte tela da Figura 13.

Depois disso foi selecionado o Raspbian e quando a instalação concluir a seguinte tela da Figura 14 aparecerá. Isso é um auxiliar de configuração de sistema e nele são vistas várias opções para personalizar a instalação. Pode-se configurar as opções de linguagem, a matriz do teclado, usuário e senha. Depois de feitas as configurações

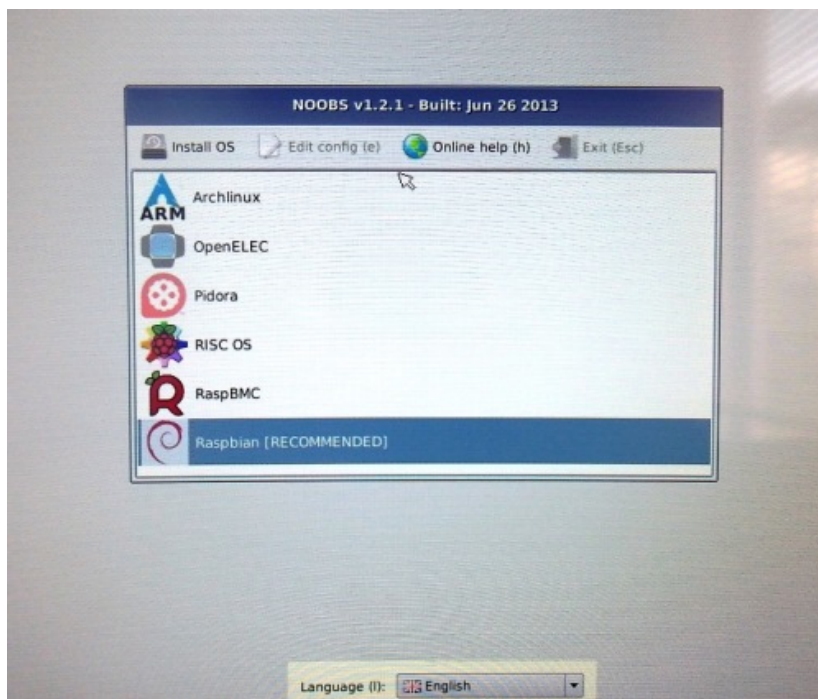


Figura 13: Instalação do Raspbian: Passo 4.

obtém-se a seguinte tela inicial do Raspbian como na Figura 15.

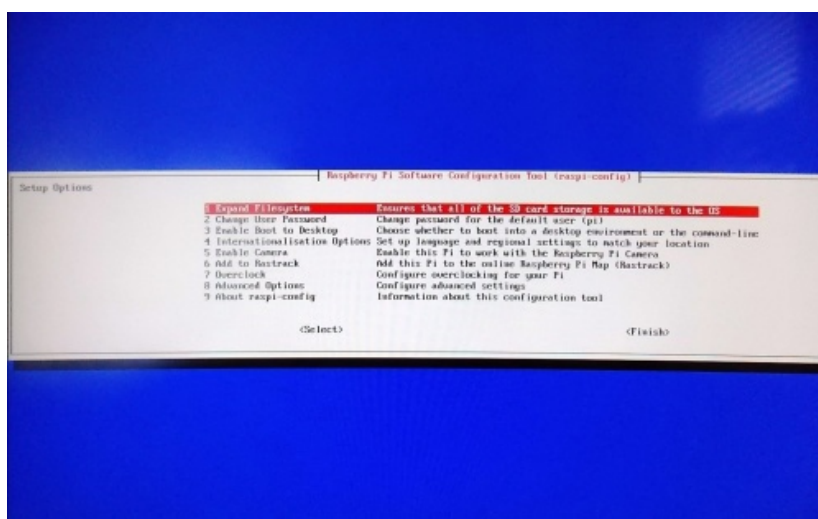


Figura 14: Instalação do Raspbian: Passo 5.





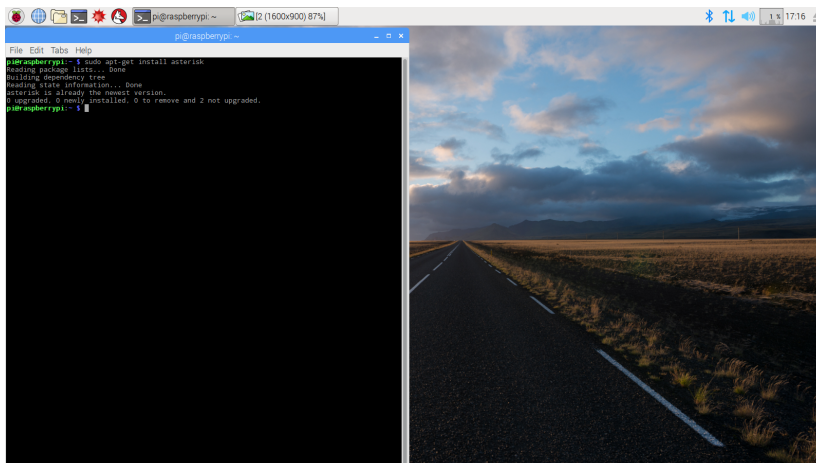


Figura 16: Instalação e configuração do Asterisk: Passo 1.

## 4.2.2 CONFIGURAÇÃO

Depois de instalado, existem configurações a ser feitas, a primeira dela é a criação de ramais, para isso é necessário acessar o arquivo sip.conf como visto na Figura 17.

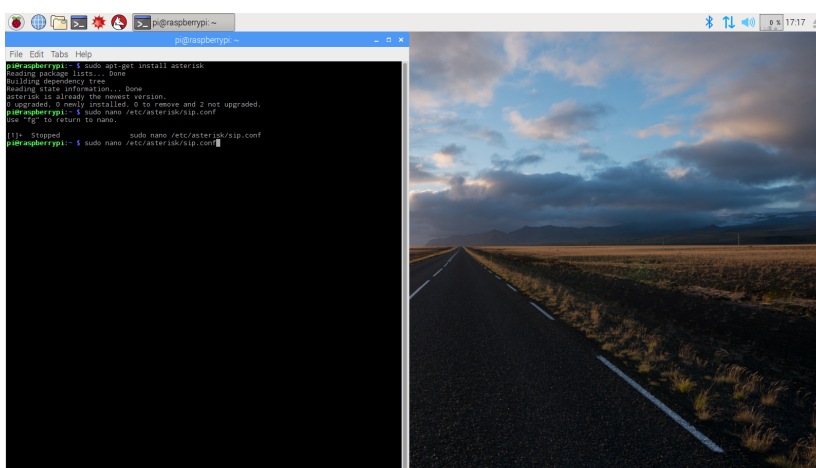


Figura 17: Instalação e configuração do Asterisk: Passo 2.

Em seguida serão criados os ramais 1001, 1002 e 1003, e para criá-los no final do arquivo aberto anteriormente e inserir as informações mostradas na Figura 18. A próxima configuração a ser feita é a alteração do arquivo extensions.conf, e acessar ele da forma mostrada na Figura 19. Para finalizar, no final do arquivo devem ser criadas as extensões definidas nas criações dos ramais, e as configurações a serem salvas são as vistas na Figura 20.

Assim foi terminada a configuração do servidor Asterisk.

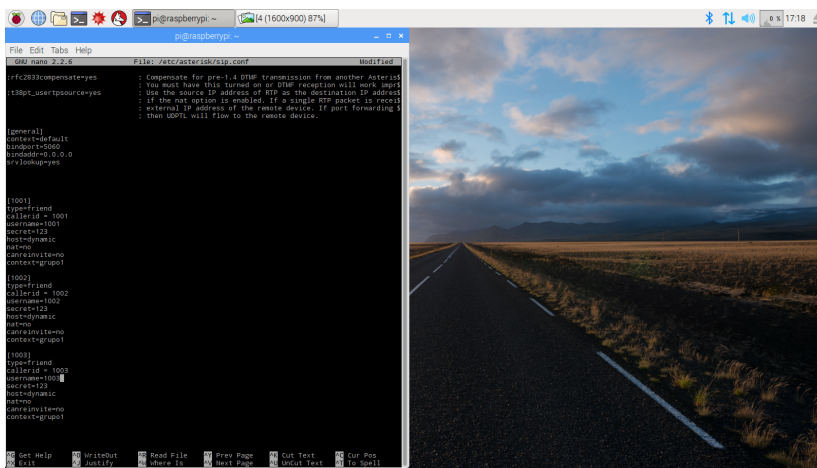


Figura 18: Instalação e configuração do Asterisk: Passo 3.

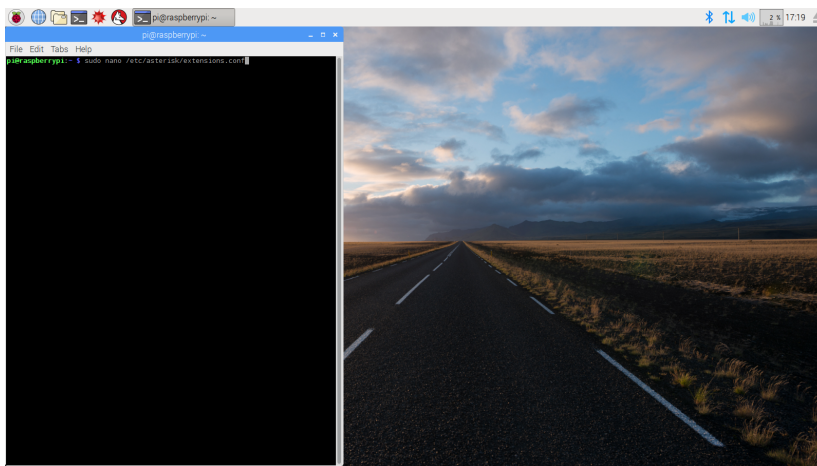


Figura 19: Instalação e configuração do Asterisk: Passo 4.

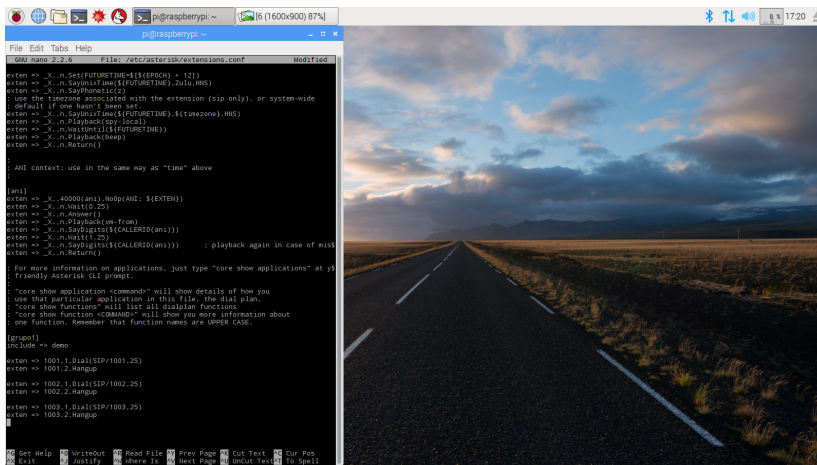


Figura 20: Instalação e configuração do Asterisk: Passo 5.

## 5 ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA

Neste capítulo será realizada uma análise da viabilidade técnica do protótipo criado. Foram realizados testes com diferentes topologias e analisados os resultados.

### 5.1 TESTE COM SERVIDOR EM PC

O primeiro teste, foi realizado utilizando um i9Phone e um servidor Asterisk em um computador. Nesta seção será descrito a topologia do sistema e as configurações necessárias.

#### 5.1.1 TOPOLOGIA

A topologia para o teste com o servidor sendo o criado na máquina virtual do PC é a seguinte: o I9phone é ligado na tomada no mesmo circuito que o par do seu PLC e com isso conectamos o PLC ao cabo de rede ligado a um roteador. Este roteador também está conectado com o PC via *wireless*, essa topologia pode ser vista na Figura 21. O PLC do i9Phone e o PLC visto na Figura foram pareados ao clicar no botão *pair*. Com isso foi inicializado o servidor Elastix na máquina virtual, e para realizar testes, foi registrado um usuário utilizando um *softphone* Zoiper instalado no celular. Este celular também está conectado a mesma rede do roteador, assim ele consegue se registrar no servidor e se comunicar com o i9Phone.

#### 5.1.2 CONFIGURAÇÕES

Além das configurações do servidor mostradas na subseção 4.1.3, também é necessário realizar uma configuração no i9Phone para que ele se registre como uma das extensões configuradas no servidor. Para isso foi dado o comando mostrado na Figura 22 e acessado o arquivo de configuração do i9phone. Nele foi alterado o IP do servidor para o que foi configurado na máquina virtual e escolhido um usuário para registrá-lo na rede. Com isso foi realizado o teste e ligado do *softphone* do celular para o I9phone

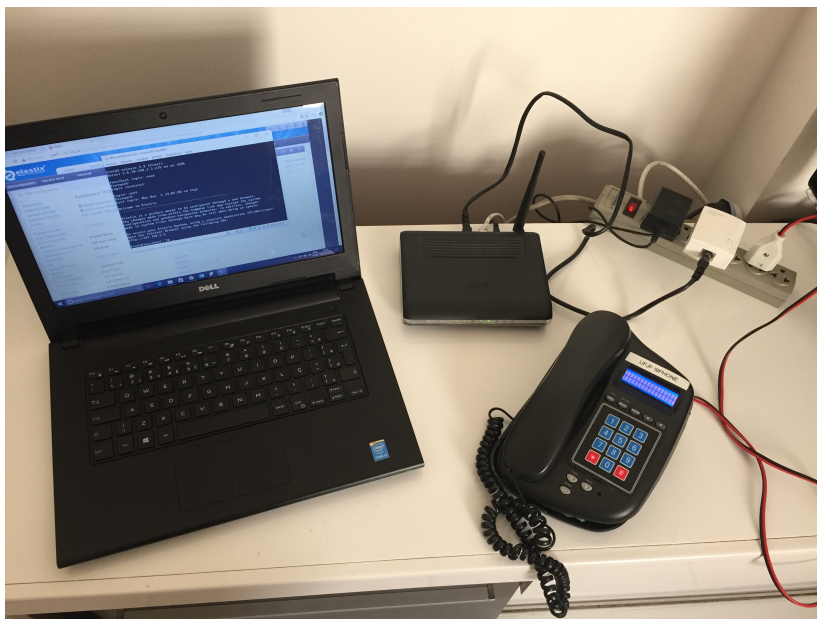


Figura 21: Topologia com o servidor em PC.

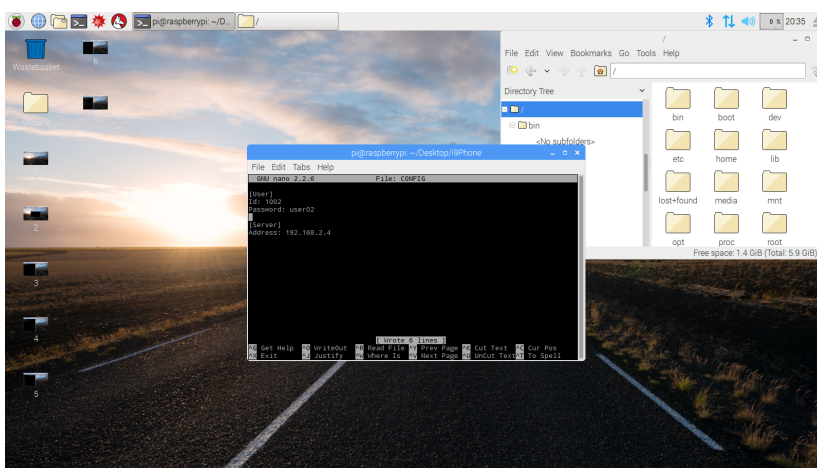


Figura 22: Arquivo do i9Phone.

e o teste foi realizado com sucesso.

## 5.2 *TESTE COM SERVIDOR NO I9PHONE*

O segundo teste, foi realizado utilizando um i9Phone e um outro i9Phone com um servidor Asterisk embarcado. Nesta seção será descrito a topologia do sistema e as configurações necessárias.

### 5.2.1 TOPOLOGIA

A topologia para teste com um servidor embarcado em Raspberry é a seguinte: foi utilizado um I9phone como servidor, um I9phone como cliente e um celular com um *softphone* cliente. O I9phone cliente e o servidor são pareados com o par do PLC conectado ao roteador clicando em *pair*, fazendo com que todos estejam na mesma rede e o celular também é conectado a esta rede do roteador como demonstrado na Figura 23.



Figura 23: Topologia com o servidor no i9Phone.

### 5.2.2 CONFIGURAÇÕES

A primeira configuração necessária é a demonstrada na subseção 4.3.2 que é a realizada para configurar o servidor Asterisk embarcado no raspberry, criando ramais e extensões. Depois foi verificado o IP que foi alocado para o servidor executando o comando `ifconfig` como demonstrado na Figura 24. Após realizadas essas configurações, foi realizada a mesma configuração da subseção 5.1.2 para alocar um usuário do servidor para o I9phone cliente e registrado o *softphone* Zoiper no servidor. É importante que o Raspberry esteja iniciando sua interface de Linha de comandos (do inglês, *Command Line Interface*) (CLI) e não a interface gráfica e para isso foi alterado nas suas configurações como mostra a Figura 25.

Com isso foi realizado o teste e realizada uma ligação do I9phone cliente para o *softphone* do celular utilizando o servidor embarcado no Raspberry, e ele foi realizado

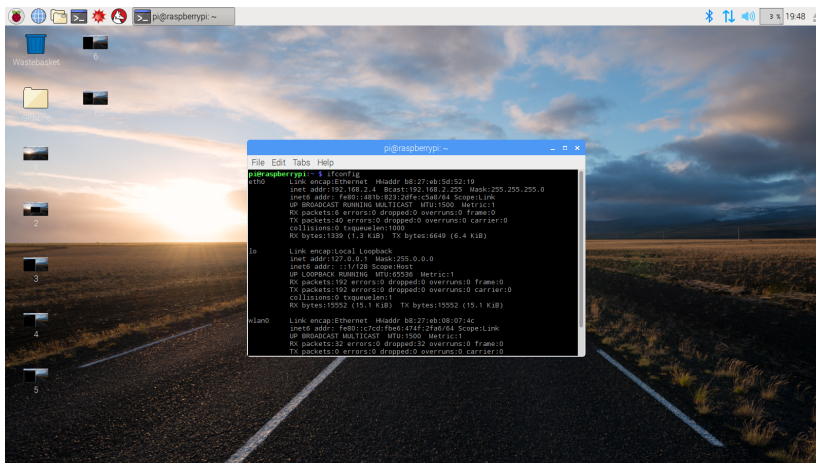


Figura 24: IP do servidor.

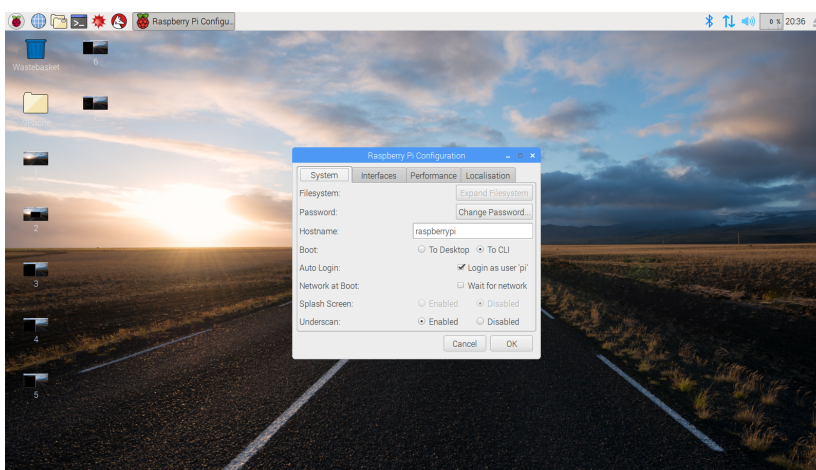


Figura 25: Iniciando a interface CLI.

com sucesso.

## 6 CONCLUSÕES FINAIS

O mercado atual de telefonia fixa tem passado por modificações devido à predominância do uso da telefonia celular, com isso, precisa-se de inovar e reduzir custos para torná-lo ainda interessante devido à sua não-mobilidade.

Com a motivação vista na introdução, foi percebido que existe uma grande necessidade de solucionar problemas de interfonia e telefonia sem utilização de novos cabos devido ao elevado custo e também foi vista a necessidade de redução nas tarifas telefônicas. Tendo isso em mente, o uso da tecnologia VoIP reduz o valor das ligações e o uso da tecnologia PLC diminui a dependência de um ponto fixo de telefone dentro de uma residência ou empresa, sendo necessário apenas uma conexão à uma tomada. Foi visto no capítulo 2 as tecnologias VoIP e PLC e suas possíveis topologias, porém ao utilizar apenas uma dessas tecnologias o problema só é resolvido parcialmente.

No capítulo 3 então obteve-se a ideia de unir essas duas tecnologias e solucionar o problema por completo. A partir disso, no capítulo 4, foi realizada a documentação das soluções desenvolvidas e dos protótipos montados. É importante definir o projeto como uma inovação, mesmo que suas tecnologias já sejam existentes, já que a união das duas na forma como foi proposta ainda não havia sido abordada em nenhum outro contexto. Além disso, é uma solução viável, prática e atual, que resolve muitos problemas, agrega valor a instrumentos antes subutilizados e que podem ser expandidos, principalmente no âmbito de integração de um equipamento comum ao adaptado para portadores de necessidades especiais.

O projeto se mostrou capaz, portanto, de ampliar a infraestrutura com tecnologias básicas já implementadas em grande parte das residências. O gerenciamento digital de áudio, é algo que tem sido amplamente aceito pelo mercado devido ao baixo custo, qualidade equiparável a da telefonia atual e simples manejo da aparelhagem de interface com o usuário. Por fim, o projeto permite também a possibilidade de comunicação ponto multiponto e assim pode-se fazer conferência, ampliando os limites da interfonia.



## 7 PRODUÇÃO CIENTÍFICA

Aceito para publicação na Revista Vértice, não indexada, do CREA-MG.

Participação da Feicintec em Belo Horizonte no CREA-MG.

## 8 APÊNDICE A

Para a criação do servidor VoIP, foi criado inicialmente um servidor Elastix, em uma máquina virtual no computador. Será demonstrado primeiro como é feita a instalação da máquina virtual, e depois mostrado como instalar o Elastix e como realizar suas devidas configurações.

### 8.1 INSTALAÇÃO DA MÁQUINA VIRTUAL

Foi utilizado a máquina virtual Virtualbox que pode ser encontrada para *download* gratuitamente em [21]. Ao realizar o *download* e sua instalação, foi inicializado o programa e clicado em novo para criar uma nova máquina virtual, obtendo a seguinte tela da Figura 26.

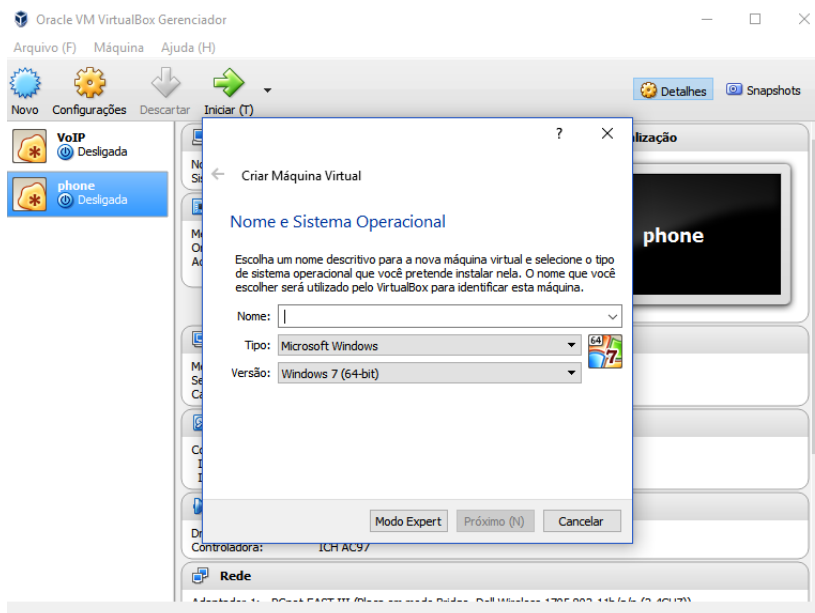


Figura 26: Instalação da máquina virtual: Passo 1.

Na nova caixa que abriu foi configurado da seguinte forma: Nome: i9Phone ; Tipo: Linux ; Versão: Other Linux. Como demonstrado na Figura 27.

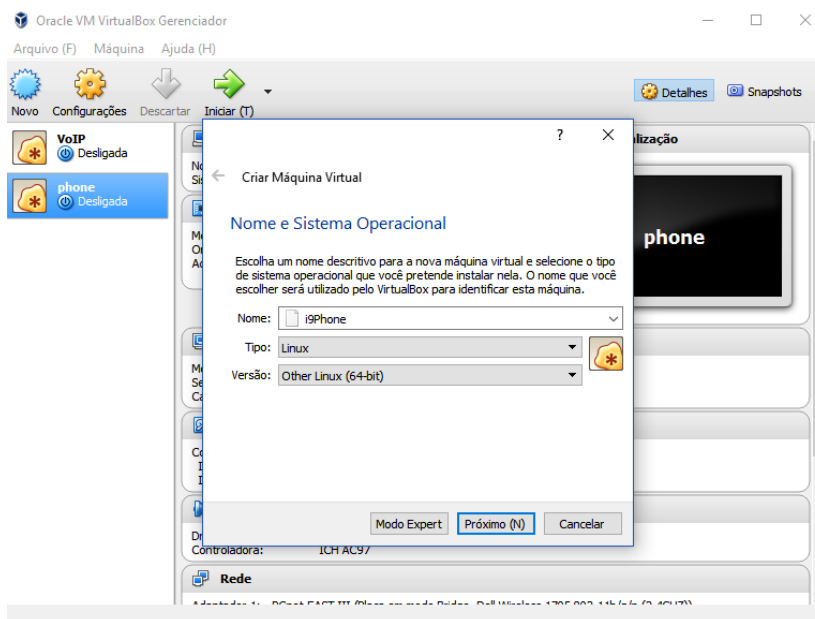


Figura 27: Instalação da máquina virtual: Passo 2.

Em seguida foi definido o tamanho da memória Memória de acesso aleatório (do inglês, *Random Access Memory*) (RAM) que será alocada para a máquina virtual, definido 512Mb como visto na Figura 28. Ao ser concluído esses passos, foi selecionado

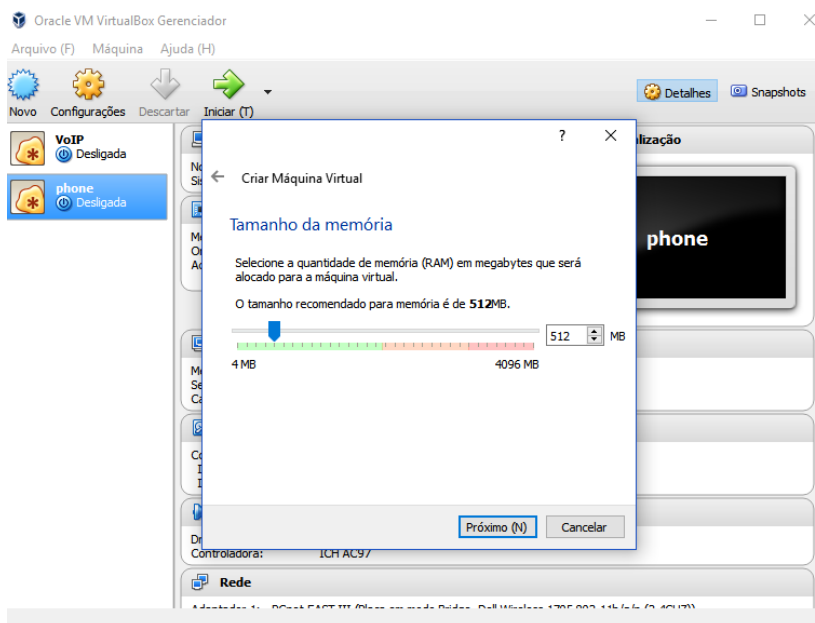


Figura 28: Instalação da máquina virtual: Passo 3.

a opção criar um novo disco rígido Figura 29.

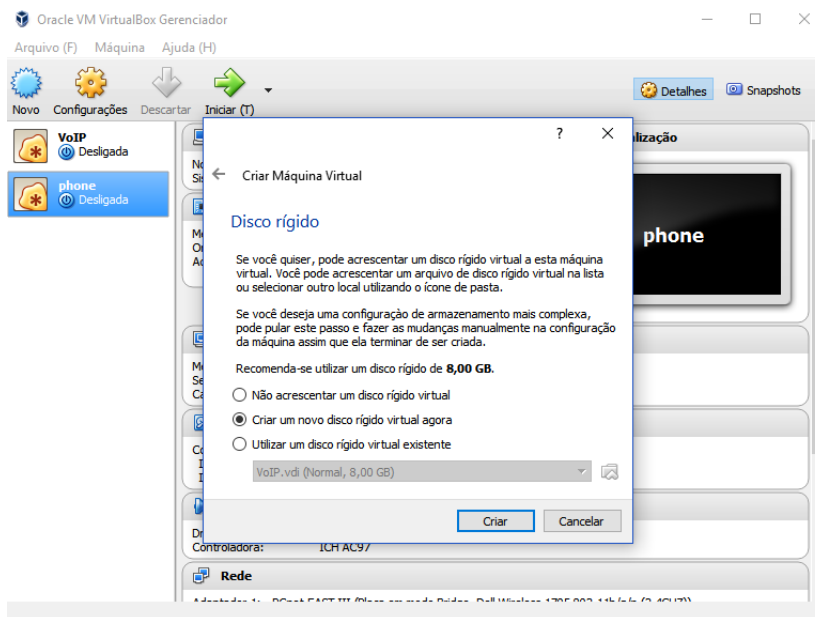


Figura 29: Instalação da máquina virtual: Passo 4.

Depois selecionado o tipo de arquivo de disco rígido como VDI Figura 30. Foi

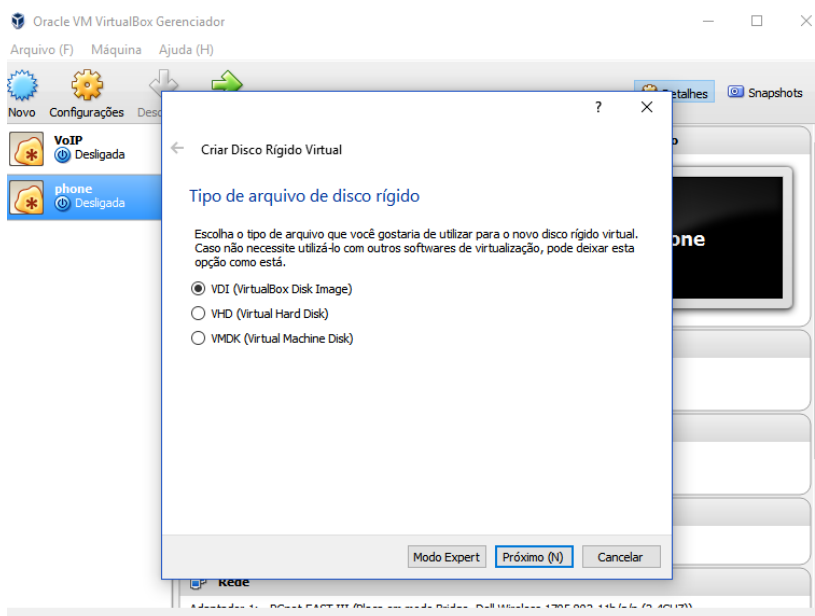


Figura 30: Instalação da máquina virtual: Passo 5.

escolhido o Armazenamento em disco rígido físico de forma dinamicamente alocado Figura 31. Em seguida foi selecionado a pasta em que será criada a máquina virtual e o tamanho limite que a máquina pode armazenar no computador Figura 32. Assim, foi finalizado a criação da máquina virtual.

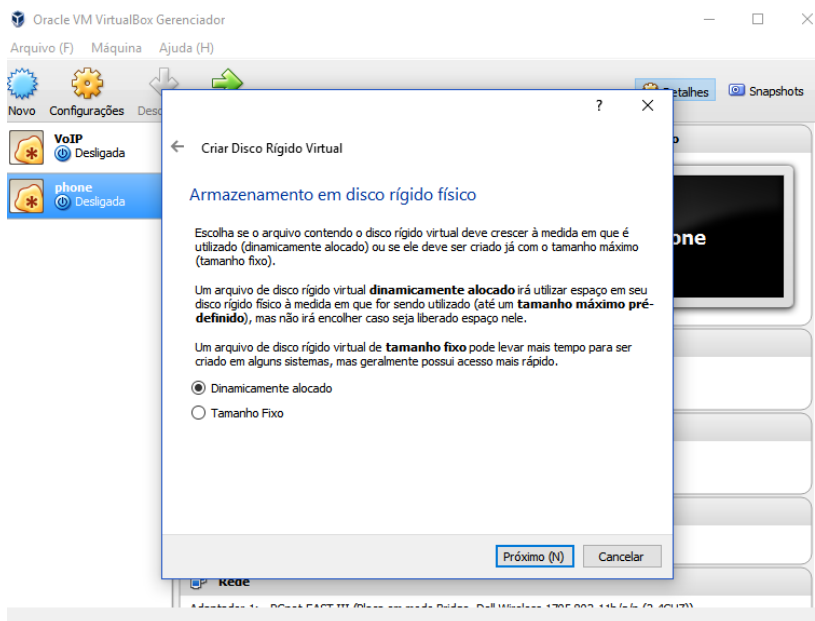


Figura 31: Instalação da máquina virtual: Passo 6.

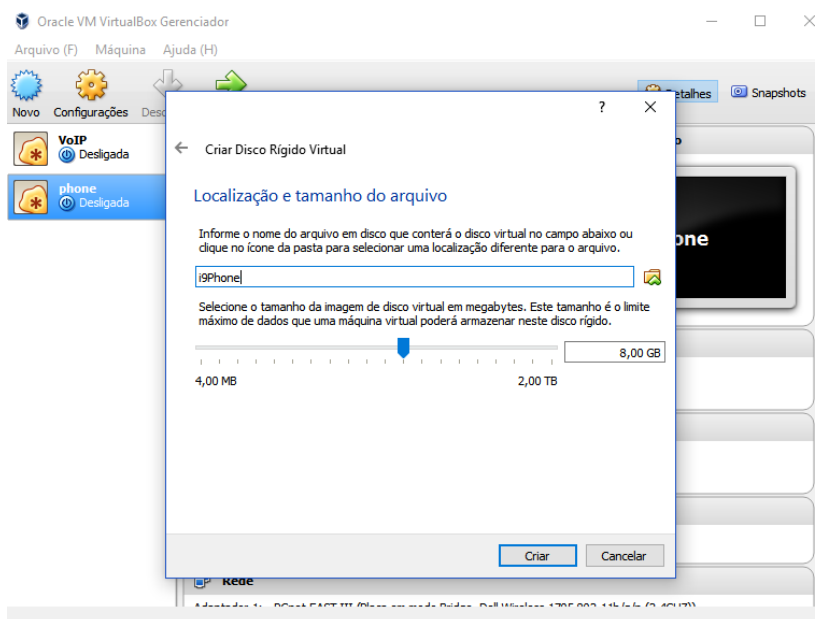


Figura 32: Instalação da máquina virtual: Passo 7.

### 8.1.1 INSTALAÇÃO DO ELASTIX

Com a máquina virtual criada, foi necessário realizar *download* da imagem do Elastix, encontrada em [22] e seguidos os passos vistos em [23]. Assim foi-se nas configurações da máquina virtual criada, na aba Armazenamento, como na Figura 33.

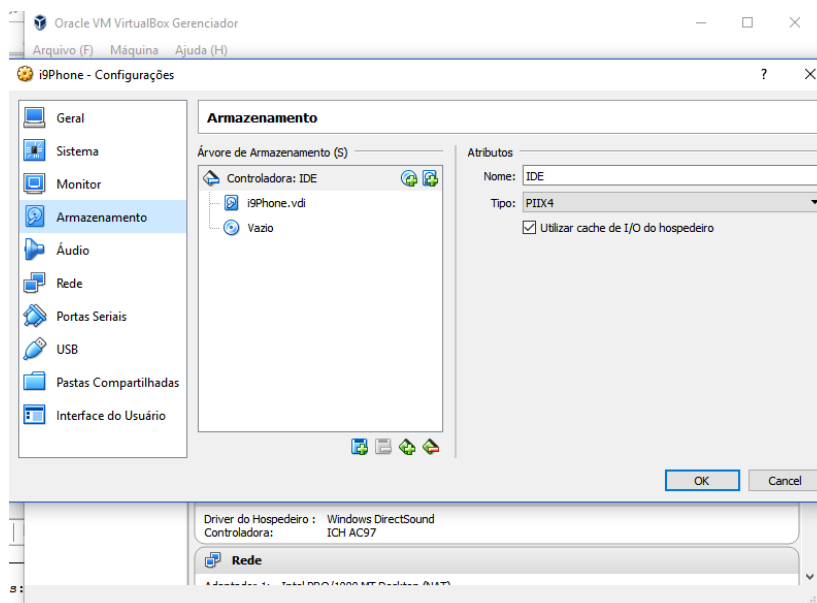


Figura 33: Instalação do Elastix: Passo 1.

Depois clicado em Adicionar disco rígido, representado pelo símbolo de + do lado de Controladora:IDE e selecionamos a opção Selecionado disco rígido existente como visto na Figura 34.

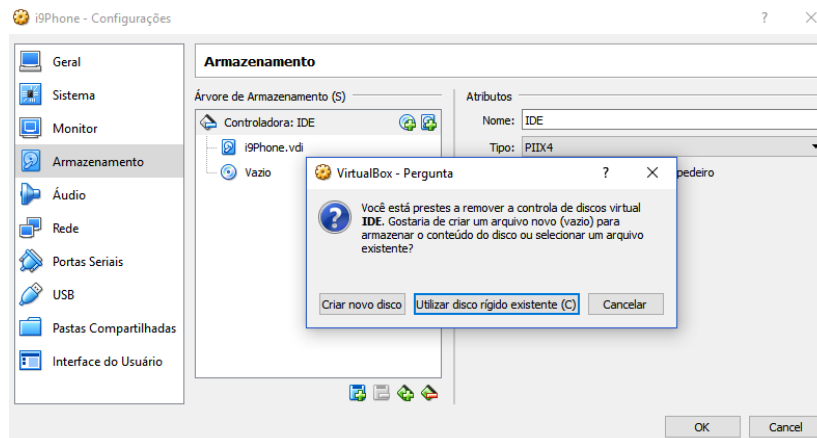


Figura 34: Instalação do Elastix: Passo 2.

E em seguida selecionado a pasta que foi realizado o download da imagem e selecionado conforme demonstrado na Figura 35.

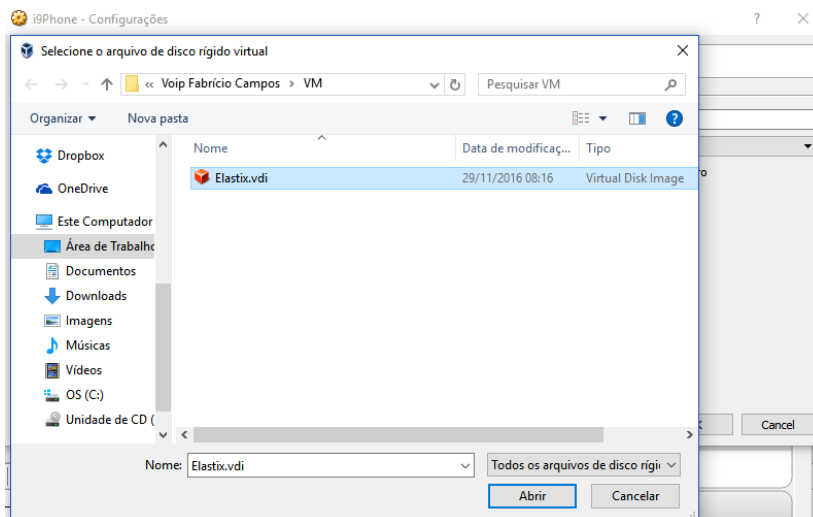


Figura 35: Instalação do Elastix: Passo 3.

Depois foi selecionado a opção IDE Primário Master como demonstrado na Figura 36. Assim foi clicado em Iniciar a máquina virtual e ela se iniciará como na Figura 37.

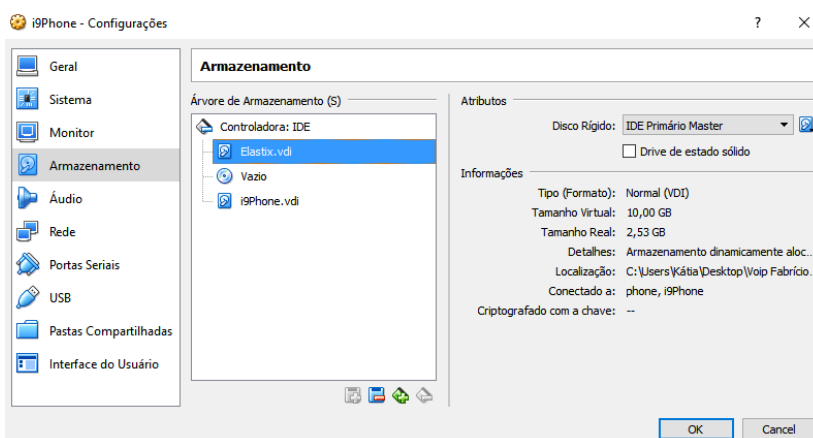


Figura 36: Instalação do Elastix: Passo 4.

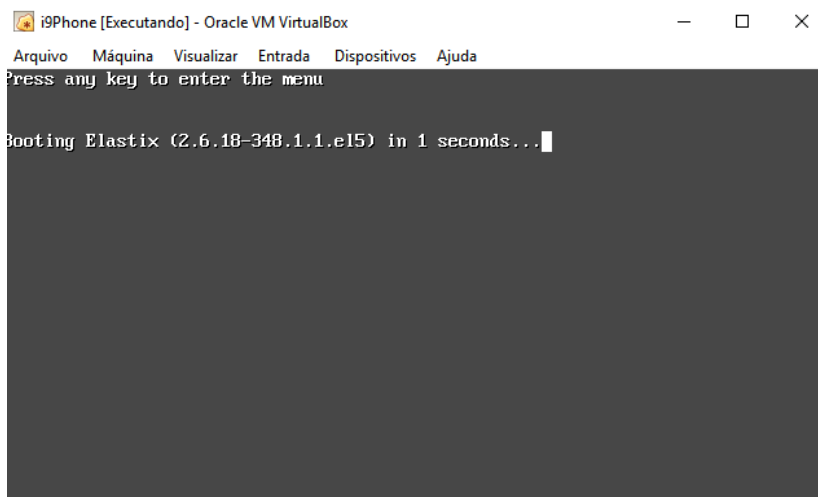


Figura 37: Instalação do Elastix: Passo 5.

Depois foi selecionado o idioma, que no caso é o Português Brasileiro Figura 38.

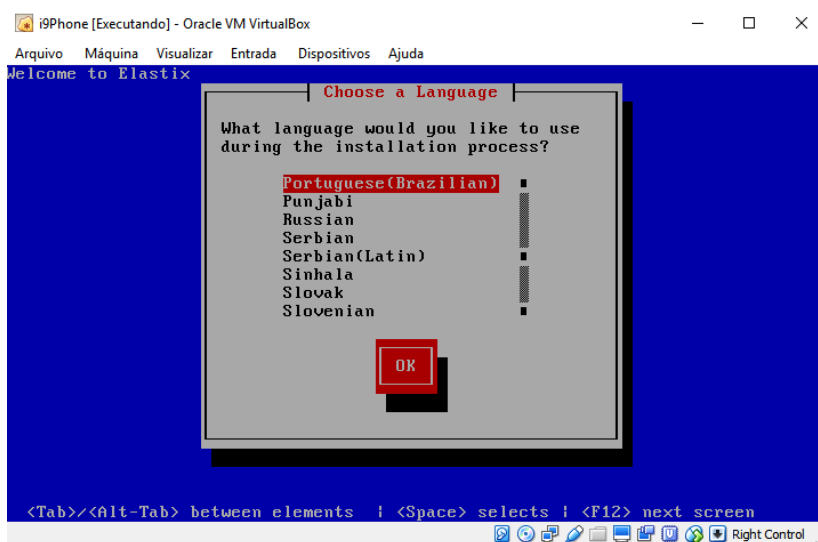


Figura 38: Instalação do Elastix: Passo 6.

E em seguida foi selecionado o estilo do teclado utilizado, que o mais comum é o latin-1 Figura 39.



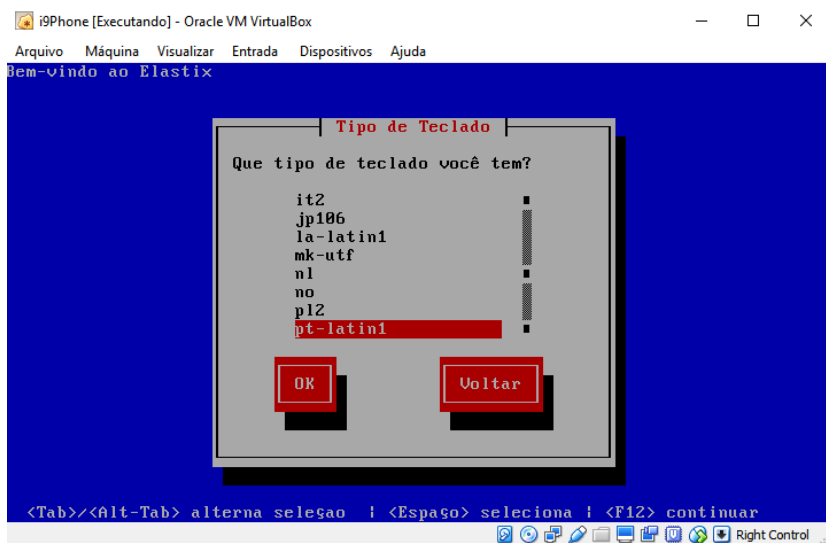


Figura 39: Instalação do Elastix: Passo 7.

Depois foi selecionado a opção Sim para inicializar o disco apagando todos os dados como vemos na Figura 40.



Figura 40: Instalação do Elastix: Passo 8.

Depois foi selecionado não para rever e modificar o *layout* do particionamento como na Figura 41.

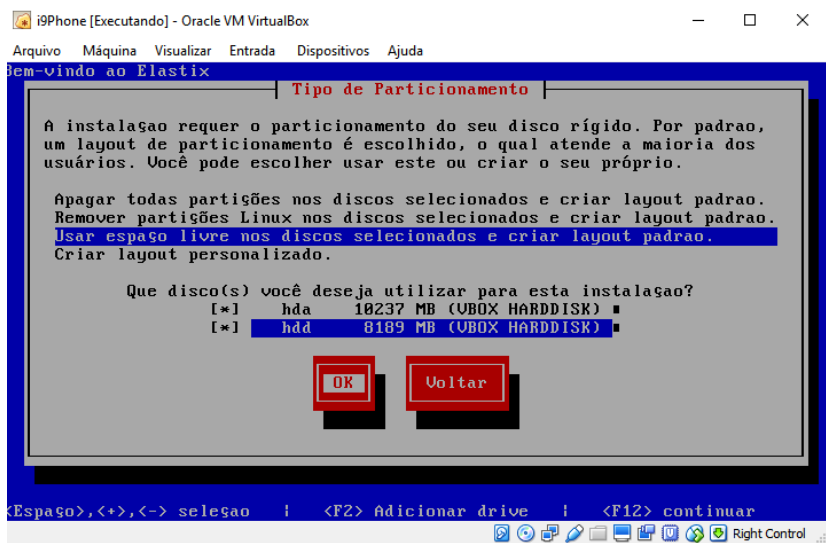


Figura 41: Instalação do Elastix: Passo 9.

Em seguida foi selecionado Não para alterar as configurações de rede da porta eth0  
Figura 42. Após essa etapa foi configurado o fuso horário como na Figura 43.

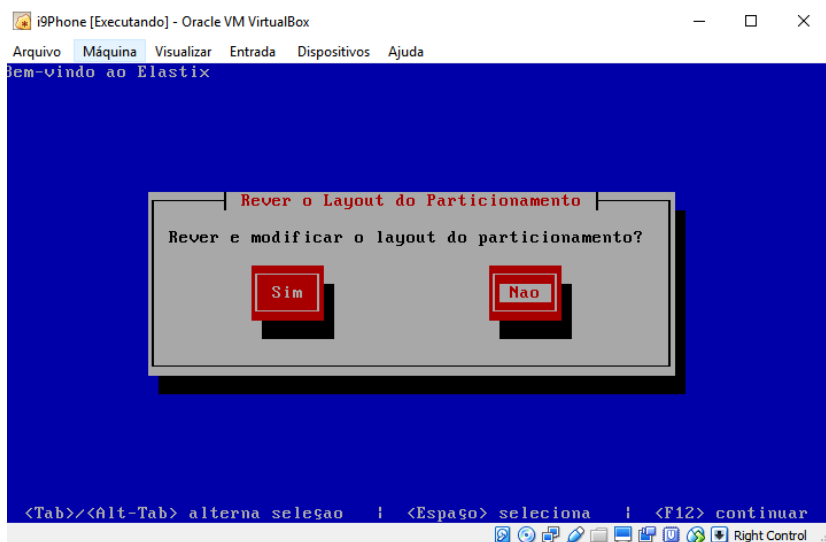


Figura 42: Instalação do Elastix: Passo 10.

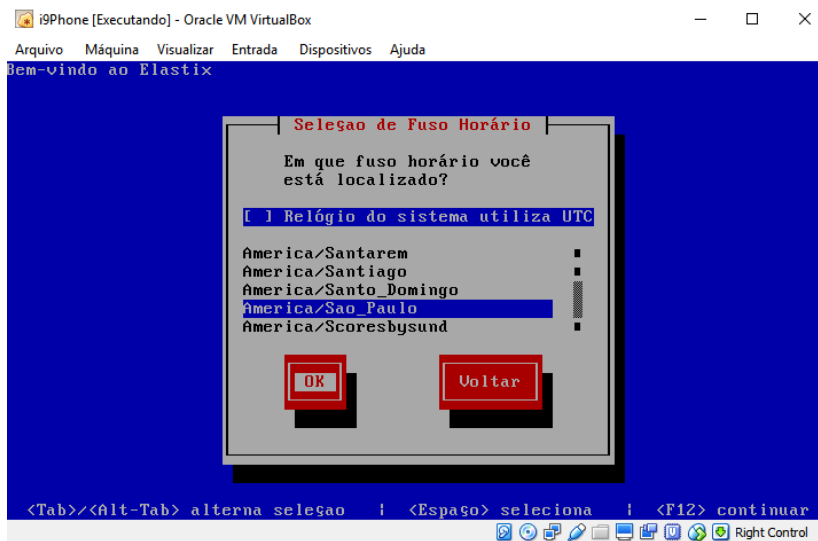


Figura 43: Instalação do Elastix: Passo 11.

Depois foi criada uma senha para o administrador do servidor como na Figura 44. Após isso, foi configurado novamente senhas para o FreePBX e MySQL e clicado em

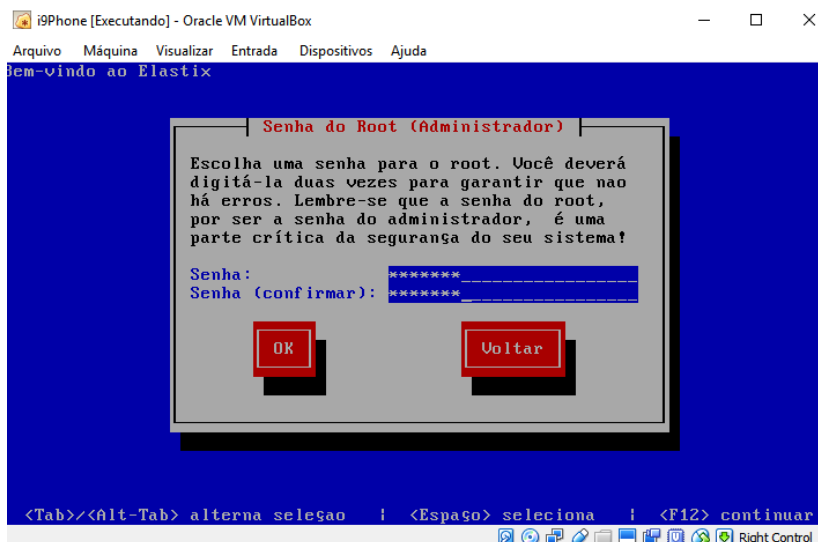


Figura 44: Instalação do Elastix: Passo 12.

aceitar, e por fim foi obtido o Elastix funcionando na máquina virtual como na Figura 45.

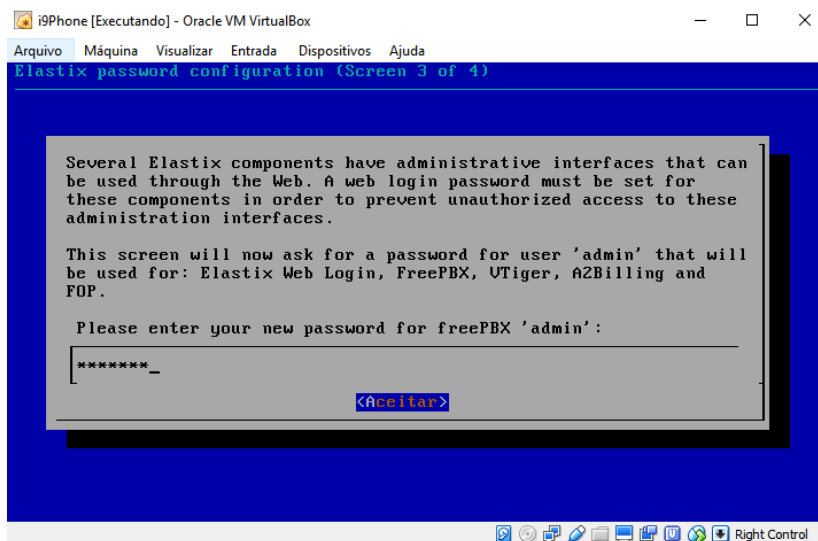


Figura 45: Instalação do Elastix: Passo 13.

## 8.2 CONFIGURAÇÃO DO ELASTIX

Após instalado o Elastix na máquina virtual, com o comando `ifconfig` foi possível detectar o IP do servidor, e em um navegador, foi digitado na linha de endereço o IP do servidor, e a tela da Figura 46 aparecerá, e foi preenchido o usuário como `admin` e a senha foi a criada durante a instalação do Elastix. Depois de realizado o *login*, foi

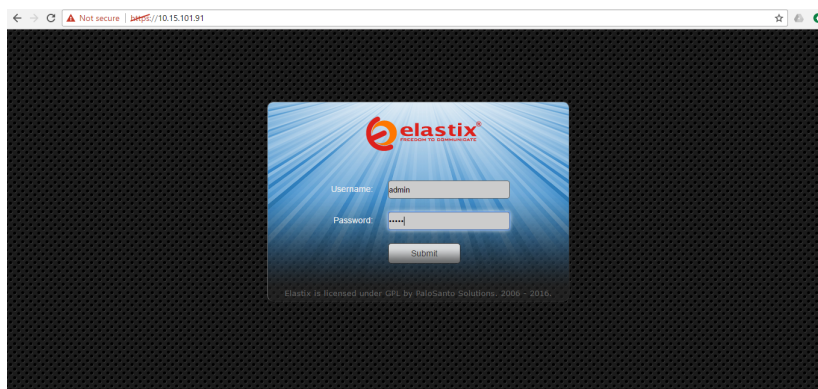


Figura 46: Configuração do Elastix: Passo 1.

obtido a tela inicial do Elastix e foi clicado em PBX. A tela da Figura 47 se abrirá, e nela foi inicializado a criação das extensões.

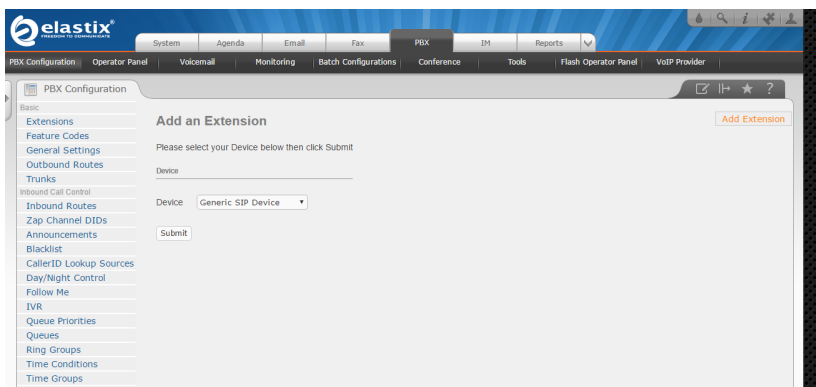


Figura 47: Configuração do Elastix: Passo 2.

Para criar uma nova extensão, primeiro deve-se selecionar *Generic SIP Device* e em seguida clicar em *submit*. Com isso, a nova página terá diversas opções para configurar em sua extensão. Como o objetivo é criar uma extensão simples, foi alterado apenas *User Extension*, *Display Name* e *secret*. Após criado um número para a extensão, seu nome e uma senha, foi obtido a configuração como nas seguintes Figuras 48 e 49

 This screenshot shows the "Add SIP Extension" configuration page. At the top right, there is an "Add Extension" button and a breadcrumb "9101 <9101>". The main form is titled "Add SIP Extension" and contains several input fields and dropdown menus. The "User Extension" field is filled with "9102". The "Display Name" field is also filled with "9102". The "SIP Alias" field is empty. Under the "Extension Options" section, "Outbound CID" is empty, "Ring Time" is set to "Default", "Call Waiting" is set to "Disable", "Call Screening" is set to "Disable", "Pinless Dialing" is set to "Disable", and "Emergency CID" is empty.

Figura 48: Configuração do Elastix: Passo 3.

**Device Options**

---

This device uses sip technology.

secret

dtmfmode

**Dictation Services**

---

Dictation Service

Dictation Format

Email Address

**Language**

---

Language Code

**Recording Options**

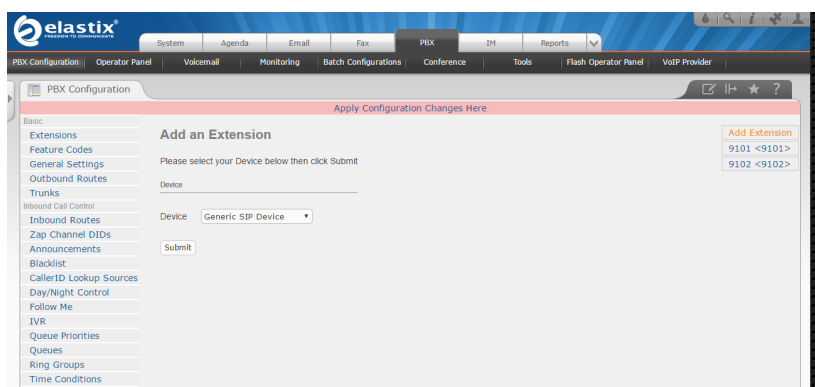
---

Record Incoming

Record Outgoing

Figura 49: Configuração do Elastix: Passo 4.

Após realizados esses passos, foi clicado em *submit* e em seguida a tela da Figura 50 irá aparecer, e foi clicado em *Apply Configurations Changes Here*.



The screenshot shows the Elastix web interface. The top navigation bar includes 'System', 'Agenda', 'Email', 'Fax', 'PBX', 'IM', and 'Reports'. Below this is a secondary menu with 'PBX Configuration', 'Operator Panel', 'Voicemail', 'Monitoring', 'Batch Configurations', 'Conference', 'Tools', 'Flash Operator Panel', and 'VoIP Provider'. The main content area is titled 'PBX Configuration' and features a red banner that says 'Apply Configuration Changes Here'. On the left is a sidebar menu with categories like 'Basic', 'Extensions', 'Feature Codes', 'General Settings', 'Outbound Routes', 'Trunks', 'Rebound Call Control', 'Inbound Routes', 'Zap Channel DIDs', 'Announcements', 'Blacklist', 'CallerID Lookup Sources', 'Day/Night Control', 'Follow Me', 'IVR', 'Queue Priorities', 'Queues', 'Ring Groups', and 'Time Conditions'. The main panel is titled 'Add an Extension' and contains the following text: 'Please select your Device below then click Submit'. Below this is a 'Device' dropdown menu with 'Generic SIP Device' selected and a 'Submit' button. On the right side of the panel, there is an 'Add Extension' button and two input fields containing '9101 <9101>' and '9102 <9102>'.

Figura 50: Configuração do Elastix: Passo 5.

## REFERÊNCIAS

- [1] F. P. V. de Campos, “Gestão de ti verde baseada em transmissão de dados via rede elétrica..”
- [2] H. B. Silva, “Qualidade de serviço em chamadas voip, school=Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, year=2008,.”
- [3] A. M. da Silva, “Perspectivas de evolução de voip na internet.,” 2003.
- [4] P. H. A. Soares, “Análise de soluções tecnológicas para comunicações power line carrier (plc).,” 2010.
- [5] M. M. M. Quintslr, *Pesquisa nacional por amostra de domicílios*. IBGE, 2012.
- [6] L. H. M. K. C. e. O. C. M. B. D. Miguel Elias M. Campista, Pedro B. Velloso, “Uma análise da capacidade de transmissão na rede de energia elétrica domiciliar,” 2004.
- [7] M. V. de Almeida Ferreira, “Plc : Power line communication,” 2005.
- [8] J. D. d. M. E. D. M. Victor Gutemberg Santos Lima, Wanderson Roger Azevedo Dias, “Análises de sistemas operacionais linux usando plataforma embarcada,” *Researchgate*, 2015.
- [9] A. L. de Castro Mello, “Análise de viabilidade de sistema de telefonia de baixo custo empregado voip e plc..”
- [10] M. S. de Alencar, *Telefonia Digital*. Érica, 2011.
- [11] F. P. de Mello, “Implementação de reder voip utilizando o protocolo sip através de software livre com proposta de segurança.,” 2010.
- [12] A. R. de Melo Junior, “Transmissão de dados por plc: Um estudo comparativo entre as tecnologias cabeadas e wi-fi.,” 2009.
- [13] A. A. J. M. G. R. O. C. M. B. D. Pedro Braconnot Velloso, Daniel de Oliveira Cunha, “Redes domiciliares: Princípios e desafios das novas tecnologias sem novos fios,” 2004.
- [14] A. A. M. Picorone, “Comunicação digital em canais plc : Técnicas de transmissão, detecção e caracterização de canais plc outdoor brasileiros.,” 2014.
- [15] J. V. C. Carmona and E. G. Pelaes, “Analysis and performance of traffic of voice and video in network indoor plc,” 2012.
- [16] T. M. P. F. P. V. D. C. M. V. R. André L. C. Mello, Diogo Fernandes, “Voip over the brazilian broadband plc system: A feasibility analysis,” 2012.

- [17] M. Rodrigues, “Lab de Garagem,” 2016.
- [18] Raspbian, “Raspbian,” 2016.
- [19] sdformatter, “SDFormatter,” 2016.
- [20] G. Bauer, “Raspberry Asterisk,” 2016.
- [21] Oracle, “Virtual Box,” 2016.
- [22] Elastix, “Elastix,” 2016.
- [23] O. A. L. P. d. T. Allan Oliveira de Souza, Luiz Fernando Soares, “Implantação de telefonia voip open source para pequenas e médias empresas..”