



**FCTUC** DEPARTAMENTO  
**DE ENGENHARIA INFORMÁTICA**  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

**Mestrado em Engenharia Informática**

**Dissertação / Estágio**

**Relatório Final**

# **Projeto de Infraestrutura de Voz sobre IP (VoIP) para a CMC**

**Nuno André Santos Jorge**

njorge@student.dei.uc.pt

Orientador (DEI):

**Prof. Doutor Fernando Pedro Lopes Boavida  
Fernandes**

Orientador (CMC):

**Eng. Nuno A. C. Pimenta**

Data: 3 de Julho de 2013

## Resumo

O presente documento representa o trabalho realizado por Nuno André Santos Jorge, no âmbito da sua dissertação de Mestrado em Engenharia Informática, no Departamento de Engenharia Informática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Esta dissertação é composta pela especificação, planeamento da implementação de um projeto de comunicações VoIP para a Câmara Municipal de Coimbra. Associado a este objetivo principal houve também a necessidade de implementação de um projeto piloto que pudesse demonstrar as potencialidades de um sistema de comunicações VoIP para a CMC. Para além da implementação deste projeto-piloto foi também realizado um estudo financeiro sobre os impactos económicos que este tipo de sistemas de comunicação poderão trazer para a instituição.

O referido projeto-piloto apesar de inicialmente ter apenas o objetivo de testar as funcionalidades de uma plataforma de comunicações VoIP, sofreu algumas alterações para que no futuro todo o trabalho desenvolvido durante a realização deste estágio seja bastante útil para as futuras comunicações da CMC.

## Palavras-Chave

VoIP – Voz sobre IP, SIP, Asterisk, IPBX, projeto-piloto, Media Gateway Backup

## **Agradecimentos**

Ao Professor Doutor Fernando Boavida e ao Engenheiro Nuno Pimenta por todo o apoio e incentivo que me deram, enquanto meus orientadores.

A toda a equipa da DSI da CMC pela ajuda disponibilizada e conhecimentos transmitidos.

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho à minha família e amigos, em especial aos meus pais e à Joana pelo apoio e compreensão em todos os momentos.

# Índice

Capítulo 1 Introdução .....	1
1.1 Objetivos do Estágio .....	1
1.2 Enquadramento .....	1
1.2.1 Comunicações VoIP (Voz sobre IP) .....	1
1.2.2 Funcionamento básico de um sistema VoIP .....	2
1.2.3 Vantagens da Tecnologia VoIP .....	3
1.2.4 Desvantagens .....	4
1.3 Motivação e Contribuições do Estagiário .....	4
1.4 Entidade Acolhedora e Equipa .....	5
1.5 Estrutura do Documento .....	5
Capítulo 2 Estado da Arte .....	6
2.1 Protocolos .....	6
2.1.1 IAX (Inter-Asterisk eXchange) .....	6
2.1.2 SIP .....	7
2.1.3 RTP – Real Time Protocol .....	7
2.1.4 H.323 .....	8
2.1.5 H.323 vs SIP .....	8
2.2 Equipamentos usados em Comunicações VoIP .....	8
2.2.1 Terminais VoIP .....	8
2.2.2 Placas de ligação à rede PSTN .....	9
2.2.3 Gateway/Gatekeepers VoIP .....	10
2.3 Aplicações de Gestão de Serviços de Comunicações VoIP .....	10
2.3.1 IPBX .....	10
2.3.2 Asterisk .....	10
2.3.3 TrixBos .....	13
2.3.4 Elastix .....	14
2.4 Conclusões e Análises .....	15
Capítulo 3 Levantamento e Análise do Parque de Telefonia existente na CMC .....	16
3.1 Avaliação da infraestrutura existente .....	16
3.2 QoS – Qualidade de Serviço .....	17
3.2.1 Métodos que permitem avaliar a qualidade de serviço de voz .....	17

3.2.2	Factores de Degradação de Comunicações de Voz.....	17
3.2.3	Requisitos de QoS do Projeto VoIP@RCTS .....	19
3.3	Conclusões .....	20
Capítulo 4 Arquitectura proposta e Análises complementares .....		21
4.1	Breve Descrição da Arquitetura Proposta.....	23
4.2	Identificação dos equipamentos existentes e novos equipamentos a adquirir .....	23
4.2.1	Telefones analógicos e digitais.....	23
4.2.2	Telefones IP e Softphones .....	23
4.2.3	PBX Convencional .....	25
4.2.4	IPBX .....	26
4.2.5	SBC – Session Border Controller .....	28
4.2.6	Sistema de Accounting & Billing .....	29
4.2.7	ATA Hardware e Adpatadores GSM.....	30
4.3	Tecnologias e Protocolos.....	30
4.3.1	ENUM (Telephone Number Mapping) .....	30
4.3.2	Codecs.....	30
4.3.3	DNS .....	31
4.4	Conclusões .....	31
Capítulo 5 Estudo Financeiro .....		32
5.1	Análise de custos globais atuais e previsão de custos no futuro.....	32
5.2	Investimento Necessário.....	33
5.3	Vantagens e Retorno do Investimento.....	35
5.4	Investimento no edifício PSP.....	35
5.5	Conclusão.....	36
Capítulo 6 Planeamento do Projeto de Comunicações VoIP da CMC .....		37
6.1	Cenário atual .....	37
6.2	Planeamento Faseado.....	38
6.2.1	Fase 1 .....	38
6.2.2	Fase 2 .....	39
6.3	Poupanças associadas às diferentes fases do Projeto .....	41
6.4	Conclusões .....	43
Capítulo 7 Implementação do Projeto-Piloto e análises posteriores .....		45
7.1	Proposta de solução de reencaminhamento do trafego SIP entre os dois Servidores IPBX .....	46
7.2	Media Gateway Backup Software.....	47

7.3	Media Gateway Backup Hardware.....	47
7.4	Características dos equipamentos de ligação á PSTN e GSM.....	47
7.5	Implementação e Cenário de Teste.....	48
7.5.1	Configurações do DNS Primário e DNS Secundário.....	50
7.6	Testes efetuados e análise dos resultados.....	50
7.6.1	Funcionalidades testadas.....	50
7.7	Conclusões e Trabalho Futuro.....	51
Capítulo 8 Plano de Trabalho Realizado e Trabalho Futuro.....		52
8.1	Planeamento Previsto.....	52
8.2	Planeamento Cumprido e Trabalho Futuro.....	53
8.3	Imprevistos.....	53
Capítulo 9 Conclusões.....		54
Referências.....		55
Anexo A.....		58
Anexo B.....		59
Anexo C.....		67
Anexo D.....		73
Anexo E.....		77
Anexo F.....		78
Anexo G.....		79
Anexo de Figuras e Tabelas.....		91

## Lista de Figuras

Figura 1 – exemplo de comunicação entre dois intervenientes através de um sistema de comunicações VoIP [1].....	2
Figura 2 – Funcionamento básico de um sistema VoIP [1] .....	2
Figura 3 – Plataforma Trixbox [6].....	13
Figura 4 – Exemplo da Interface da Plataforma Elastix [7] .....	14
Figura 5 – Arquitetura Geral proposta para o Sistema de Comunicações VoIP da CMC.....	22
Figura 6 – Alcatel 4035 [19] .....	23
Figura 7 - Alcatel 4004 [18] .....	23
Figura 8 – Zoiper [21] .....	24
Figura 9 – X-Lite [20].....	24
Figura 10 – Telefones IP [22] [23] [24].....	24
Figura 11 – Arquitetura geral de um sistema PBX Convencional [15].....	25
Figura 12 – Arquitetura genérica de um sistema IPBX [15].....	26
Figura 13 – Asterisk combinado com SIP Proxy [27].....	27
Figura 14 – Arquitetura genérica de um SBC integrado num sistema de comunicações VoIP [15] [28].....	28
Figura 15 – Integração de um sistema Accounting & Billing na arquitetura de comunicações VoIP [15] [28].....	29
Figura 16 – Linksys Spa 3102 [22].....	30
Figura 17 – Topex Mobilink IP [23] .....	30
Figura 18 - Esquema de ligação de um telefone VoIP [25] .....	34
Figura 19 – Arquitetura global das comunicações VoIP da CMC integrada com os Media Gateway Backup .....	46
Figura 20 – Arquitetura do cenário de teste do projeto-piloto .....	49
Figura 21 – Exemplo de uma chamada IAX [1] .....	58
Figura 22 – Exemplo de uma possível arquitetura para o protocolo SIP [5].....	59
Figura 23 – exemplo de uma sessão entre dois UA SIP [1] [5].....	60
Figura 24 – exemplo de uma sessão estabelecida entre dois UA SIP e o Proxy Server [1] [5] .....	60
Figura 25 – exemplo de uma sessão estabelecida entre dois UA SIP e o Redirect Server [1] [5].....	61
Figura 26 – exemplo de uma chamada SIP [1] [5] .....	66

Figura 27 – Exemplo de um Gateway e Gatekeeper H.323 [6] .....	67
Figura 28 – Exemplo de uma rede H.323 [6] .....	68
Figura 29 – arquitetura do protocolo H.323 [7] .....	68
Figura 30 – exemplo de uma chamada H.323 [1] [5] .....	71
Figura 31 – Arquitectura do Asterisk.....	73
Figura 32 – Cenário de um Sistema Asterisk para uma Instituição [11] .....	75
Figura 33 – Caraterização da maioria dos Edifícios da CMC.....	80
Figura 34 – Caraterização dos Edifícios Paços Município, Pátio Inquisição e Casa da Cultura .....	81
Figura 35 – Arquitetura do Sistema de Comunicações VoIP para a CMC (Cenário de transição).....	82
Figura 36 – Arquitetura do Sistema de Comunicações VoIP para a CMC (Cenário Final)....	83
Figura 37 – Esquema de ligação de um telefone IP .....	87
Figura 38 – mapa com a localização dos edifícios da CMC .....	97
Figura 39 – Diagrama de Gantt 1º Semestre .....	97
Figura 40 – Diagrama de Gantt 2º Semestre .....	97
Figura 41 – Estudo Financeiro (Cenário Atual e Futuro).....	97

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Referência rápida sobre os distintos Codecs [2] .....	11
Tabela 2 – tempos de latência para os diferentes codecs [10].....	18
Tabela 3 – características de um servidor IPBX de alto desempenho com suporte até 1000 extensões [15] .....	26
Tabela 4 – Cenário Atual.....	32
Tabela 5 – Novo Cenário .....	33
Tabela 6 – Investimento Necessário.....	33
Tabela 7 – Tipos de telefone IP.....	34
Tabela 8 – Avaliação dos custos atuais e custos futuros globais .....	35
Tabela 9 – Avaliação dos custos atuais e custos futuros para o ex edifício da PSP.....	36
Tabela 10 – Fase 1 .....	39
Tabela 11 – Fase 2 .....	41



Tabela 12 – Poupanças de 1 a 5 anos .....	41
Tabela 13 – Investimento vs Poupanças .....	42
Tabela 14 – Poupanças vs Manter Situação Atual (Investimento em duas fases distintas) ....	42
Tabela 15 – Manter Situação Atual vs Poupanças (Investimento Total Imediato).....	42
Tabela 17 – Métodos do protocolo SIP [1] .....	62
Tabela 18 – exemplo de tipo de respostas do protocolo SIP [1] .....	62
Tabela 19 – exemplo de mensagens de erro no Cliente [1] .....	63
Tabela 20 – exemplo de mensagens de erro no Servidor [1].....	64
Tabela 21 – exemplo de mensagens de erro global [1].....	64
Tabela 22 – exemplo de cabeçalhos SIP [1].....	64
Tabela 23 – exemplo de endereços SIP [1] .....	65
Tabela 24 – exemplo de tipos de mensagem de sinalização do protocolo H323 [1][32] .....	70
Tabela 25 – requisitos mínimos para um sistema Asterisk [1] .....	75
Tabela 26 – Caraterização dos Edifícios.....	80
Tabela 27 – exemplos de campos existentes numa mensagem do protocolo RTP [1] .....	91
Tabela 28 – SIP vs H323 [1][32].....	92
Tabela 29 – Lista de soluções IPBX segundo a página oficial da Sangoma [38].....	94
Tabela 31 – Parque de telefonia atual da CMC .....	96

## **Lista de Abreviaturas**

<b>ATA</b>	Analogue Telephone Adapter
<b>DNS</b>	Domain Name System
<b>FXO</b>	Foreign eXchange Office
<b>FXS</b>	Foreign eXchange Station
<b>GK</b>	Gatekeeper
<b>GW</b>	Gateway
<b>HTTP</b>	Hyper Text Transfer Protocol
<b>IAX</b>	Inter Asterisk eXchange
<b>IETF</b>	Internet Engineering Task Force
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>ITU</b>	International Telecommunicati <sup>o</sup> n Union
<b>PBX</b>	Private Branch eXchange
<b>PESQ</b>	Perceptual Evaluation of Speech Quality
<b>PSTN</b>	Public Switched Telephone Network
<b>QoS</b>	Quality of Service
<b>RCTS</b>	Rede Ciênc <sup>ia</sup> , Tecnologia e Sociedade
<b>RFC</b>	Request For Comments
<b>RTP</b>	Real-time Transport Protocol
<b>RTCP</b>	Real Time Control Protocol
<b>SBC</b>	Session Border Controller
<b>SDP</b>	Session Description Protocol
<b>SIP</b>	Session Initiation Protocol
<b>SRTP</b>	Secure Real-time Transport Protocol
<b>SSL</b>	Secure Sockets Layer
<b>TCP</b>	Transmission Control Protocol
<b>TLS</b>	Transport Layer Security
<b>UAC</b>	User Agent Client
<b>UAS</b>	User Agent Server
<b>UC</b>	Universidade de Coimbra

**UDP** User Datagram Protocol

**VoIP** Voz sobre IP

## Glossário

**Accounting e Billing** – contabilidade e facturamento das comunicações de voz realizadas.

**Echo Cancellation** – processo de remoção de eco de uma comunicação de voz.

**Call Waiting** – chamada em espera.

**Call Transfer** – transferência de chamadas.

**Call Forward** – encaminhamento direto da chamada.

**Call Pickup** – funcionalidade que permite que a partir da extensão A se consiga “puxar” uma chamada que está encaminhada para a extensão B.

**Call Follow-me** – funcionalidade que permite que uma chamada seja encaminhada para outro número que tenha sido previamente atribuído pelo utilizador.

**CDR (Call Detail Record)** – ficheiro que contém detalhes sobre a chamada realizada.

**IVR (Interactive Voice Response)** – esta tecnologia permite a interação com menus e obter informações sobre os seus serviços.

**IPBX** – central telefónica IP.

**PBX** – central telefónica tradicional.

**PSTN (Public Switched Telephone Network)** – rede telefone pública.

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Objetivos do Estágio

Atualmente a Câmara Municipal de Coimbra tem Serviços Municipais distribuídos por mais de 30 edifícios espalhados pela cidade e algumas freguesias do concelho (Figura 38 – mapa com a localização dos edifícios da CMC). Sendo a comunicação de voz fixa entre estes edifícios feita através de linhas telefónicas (analógicas e digitais – RDIS) e também alguns circuitos analógicos fixos, ponto a ponto.

Edifícios que se encontram também interligados com circuitos de dados, quer da parte do operador bem como da própria instituição, com acesso à VPN da CMC e à Internet. Para além destes edifícios, existem ainda cerca de 37 Jardins de Infância e 73 Escolas Básicas do 1º ciclo que poderão ser posteriormente analisadas para integrar com o projeto global, no entanto esse cenário de integração será bastante difícil de concretizar devido ao elevado custo financeiro que seria necessário para integrar esses edifícios com a rede VPN IP<sup>1</sup> da CMC.

Os objetivos do estágio são:

- Avaliar as soluções disponíveis no mercado
- Avaliar o custo financeiro associado ao projeto
- Projetar uma infraestrutura de comunicações VoIP (Voz sobre IP) para a Câmara Municipal de Coimbra
- Diminuir os custos da CMC com comunicações de Voz.
- Melhorar o sistema de comunicações da CMC
- Explorar ao máximo as capacidades dos IPBX

As vantagens desta nova infraestrutura são várias e as mesmas serão realçadas ao longo do documento.

### 1.2 Enquadramento

#### 1.2.1 Comunicações VoIP (Voz sobre IP)

Com a evolução tecnológica de equipamentos de comutação e a melhoria significativa da capacidade de banda larga existente nos dias de hoje o uso das telecomunicações mudou substancialmente. Hoje em dia é possível obter comunicações de elevada qualidade através do protocolo IP (*Internet Protocol*) que nos permite realizar comunicações de voz com telefones de última geração (telefones digitais) que apesar de serem muito semelhantes aos telefones convencionais (telefones analógicos), estes garantem uma muito superior qualidade de comunicações de Voz bem como muitas outras

---

<sup>1</sup> VPN IP – designação da rede interna da CMC utilizada neste documento

características úteis. Desde o seu surgimento até os dias de hoje o protocolo IP servia essencialmente para serviços de comunicações por e-mail, FTP e comunicações de dados através da Web.

No entanto nos dias de hoje é possível realizar comunicações de voz através deste mesmo protocolo sem a necessidade de um computador ou de um portátil mas com telefones que suportam chamadas de VoIP, sendo eles telefones digitais ou ainda telefones analógicos que podem ser integrados no mundo IP através de adaptadores IP (ATA – *Analogue Telephone Adapter*), funcionamento este que será descrito ao longo do documento.

### 1.2.2 Funcionamento básico de um sistema VoIP

Através da tecnologia VoIP é possível transmitir dados multimédia, quer sejam dados de voz e áudio ou ainda dados de vídeo através da rede IP. Os telefones IP não diferem no seu funcionamento dos telefones convencionais, mas a forma como os dados são transmitidos é totalmente diferente.



Figura 1 – exemplo de comunicação entre dois intervenientes através de um sistema de comunicações VoIP [1]

Para que os dados sejam transmitidos é necessário digitalizar o sinal de voz em pacotes de dados que por sua vez são enviados através da Internet. Ao chegarem ao destino os pacotes são convertidos em voz, tal como as figuras 1 e 2 ilustram. Na Figura 2 é também ilustrado alguns exemplos dos diferentes equipamentos que podem ser utilizados num sistema de comunicações VoIP. [1]

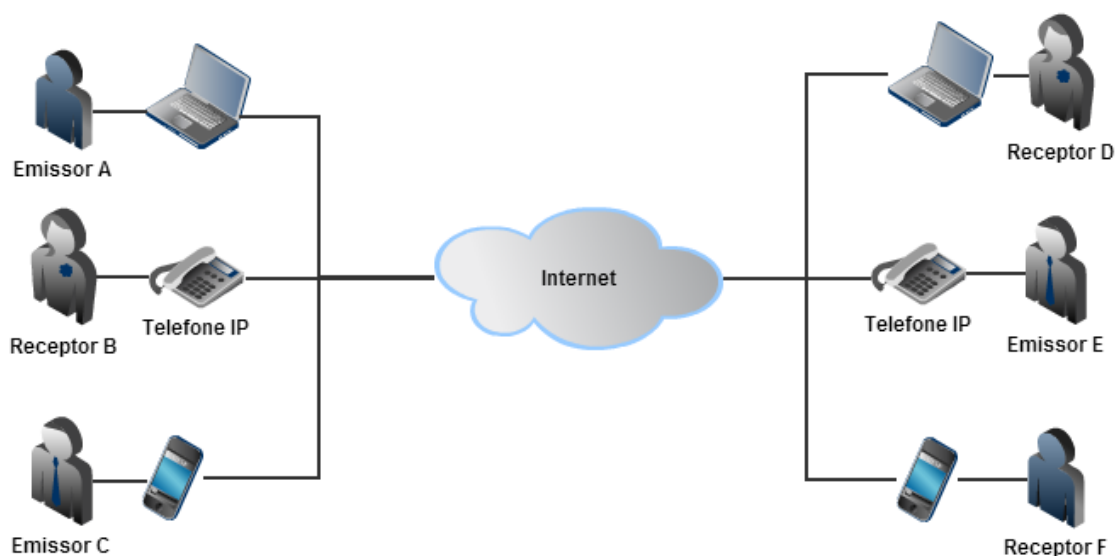


Figura 2 – Funcionamento básico de um sistema VoIP [1]

### 1.2.3 Vantagens da Tecnologia VoIP

A adoção de um sistema VoIP pode permitir no imediato reduções de custos nas comunicações bem como outras vantagens que serão descritas no seguimento desta secção:

- **Redução de Custos**

Caso a implementação total do projeto global de comunicações VoIP fosse realizado no imediato, poderiam obter-se uma redução de custos de comunicações de voz na ordem dos 76% (valor que pode ser consultado no Capítulo 6 Planeamento do Projeto de Comunicações VoIP da CMC). Mas antes de implementar uma solução VoIP foi necessário elaborar um projeto detalhado, identificando as necessidades reais e imediatas da instituição, bem como a solução que melhora se adequa á instituição. Redução de custos na infraestrutura de voz, que é possível pois no futuro a rede IP servirá como meio de transmissão de dados, quer sejam de voz ou vídeo. Os custos de comunicações atuais incluem para além dos custos das chamadas telefónicas, os custos de manutenção das centrais telefónicas existentes bem como os custos mensais dos acessos (básicos e primários) existentes em cada um dos edifícios.

- **Investimento Sustentado**

A alternativa dos IPBX pode trazer várias vantagens de futuro visto que apenas se trata de *software* que pode ser atualizado com o passar dos anos de forma a poder fornecer uma melhor qualidade no serviço de comunicações para a Instituição. As atualizações de novas funcionalidades ou ainda de novos protocolos que surjam no futuro podem ser facilmente adaptadas sem a necessidade de comprar novos equipamentos específicos para a realização de comunicações.

- **Aproveitamento na infraestrutura**

Não existe a necessidade de instalação de cablagem pois todos os telefones IP podem ser interligados na rede informática já disponível na instituição. A grande maioria das extensões estão associadas aos funcionários da CMC que possuem um serviço com secretária onde existe um computador com acesso à Internet e portas de rede para a ligação à rede VPN IP. Caso não existam portas de rede suficientes para o telefone IP, existe uma solução prática que será descrita com melhor detalhe no Capítulo 5 Estudo Financeiro.

- **Novas Funcionalidades**

Extensões remotas ou móveis. Atendimentos interativos, voice-mail, *follow-me*, serviços partilhados e integração com o Outlook.

- **Escalabilidade**

Com este novo tipo de arquitetura de comunicações é possível implementar um número superior de extensões, podendo ser escalável ao longo do tempo dependendo das necessidades da instituição.

#### **1.2.4 Desvantagens**

A introdução da tecnologia VoIP não se traduz exclusivamente em vantagens. Também tem alguns inconvenientes, ou dificuldades, a ter em conta, como as a seguir discriminadas:

- **Investimento necessário**

Se os equipamentos forem antigos poderá ser necessário a sua imediata substituição e a aquisição de novos equipamentos (Telefones IP) e de mão-de-obra especializada para a instalação e manutenção. Estes requisitos podem necessitar de um investimento avultado que deverá ser devidamente justificado e planeado.

- **Situações de Emergência**

O serviço VoIP não funciona sem energia elétrica, ou seja em caso de falha elétrica as chamadas de 112 terão de ser realizadas com recursos externos ou alternativos. Algo ainda mais preocupante no caso específico da CMC onde o futuro IPBX ficará localizado no edifício Paços do Município. Ou seja as todas as futuras comunicações da CMC terão de passar obrigatoriamente por este edifício, se a ligação IP a esse edifício não for possível, terão de ser criadas alternativas viáveis que permitam as comunicações de voz para o exterior pelo menos em situações de emergência. Alternativas que serão discutidas ao longo do documento e mais concretamente na implementação do projeto-piloto.

A análise das vantagens e desvantagens da tecnologia VoIP, como em qualquer projeto de engenharia, depende do estado e condições da infraestrutura de suporte e, portanto, traduz-se em distintas conclusões consoante o cenário de implementação.

### **1.3 Motivação e Contribuições do Estagiário**

Atualmente as comunicações de voz da CMC são ainda bastante convencionais e os gastos de manutenção das centrais telefónicas e custos das chamadas efetuadas, representam custos que podem facilmente ser reduzidos através da implementação de um novo sistema de comunicações VoIP. Este novo sistema de comunicação VoIP necessita de um significativo investimento inicial, no entanto este mesmo sistema pode trazer enormes vantagens futuras para a instituição e a curto médio prazo o retorno do investimento. De forma a justificar esse investimento foi realizado um estudo financeiro que comprova as vantagens financeiras de aquisição de uma nova plataforma de comunicações VoIP para a CMC, bem como o tempo de retorno do investimento.

Após a conclusão deste estudo financeiro foi necessário definir o caderno de encargos necessário para este processo de aquisição e planejar com o melhor detalhe possível a fase de implementação e instalação da nova plataforma de comunicações VoIP. Planeamento que define os locais que deverão sofrer este tipo de intervenção, bem como as diferentes fases de implementação. Todos estes documentos tiveram intervenção direta do estagiário de forma a colaborar o melhor possível para a concretização deste projeto de comunicações VoIP.

Para além do contributo para a definição e planeamento do projeto de comunicações VoIP para a CMC foi também necessário que o estagiário desenvolvesse um projeto-piloto que pudesse oferecer um verdadeiro contributo prático para o novo sistema de comunicações de voz da CMC. Esse contributo prático será abordado com melhor detalhe ao longo do Capítulo 0.

## **1.4 Entidade Acolhedora e Equipa**

Este estágio foi desenvolvido na Divisão Sistemas de Informação (DSI) da CMC no qual o estagiário contou com todo o apoio da equipa da DSI. No entanto, neste projeto apenas houve intervenção direta do estagiário no desenvolvimento do mesmo.

## **1.5 Estrutura do Documento**

Neste documento o leitor poderá encontrar informação sobre os diversos componentes e tecnologias que compõe uma arquitetura de comunicações VoIP atual que pode ser consultada ao longo do Capítulo 2. Ao longo do documento serão também analisados os equipamentos de comunicações de voz que atualmente são utilizados na CMC e que futuramente serão substituídos por novos equipamentos e por uma nova plataforma de comunicações VoIP.

No Capítulo 3 serão analisados os diferentes parâmetros de QoS que compõe este tipo de serviços, e no Capítulo 4 será abordada a Arquitetura do novo sistema de comunicações VoIP a implementar na CMC.

Ao longo do Capítulo 5 será abordado o Estudo Financeiro associado a este projeto que permitiu elaborar também o planeamento para a implementação e instalação dos equipamentos necessários para a realização de comunicações VoIP, documentação que pode ser consultada no Capítulo 6.

Nos respetivos anexos pode também ser consultada informação complementar sobre as diversas secções do documento. A implementação do projeto-piloto e trabalho futuro podem ser consultados no Capítulo 7 onde o estagiário descreve com melhor detalhe possível a sua contribuição prática para as futuras comunicações da CMC. Análises e conclusões do trabalho realizado e trabalho futuro serão descritas no Capítulo 8 e no Capítulo 9.



## Capítulo 2

### Estado da Arte

Neste capítulo o autor apresenta resultados sobre o estudo do estado da arte referente às comunicações VoIP, tecnologias e protocolos que foram analisados ao longo desta dissertação. Para além de serem alvo de estudo as diferentes alternativas tecnológicas para criar uma rede de comunicações VoIP, serão também analisados os diferentes protocolos de comunicação existentes. Tendo como base a solução tecnológica usada na Universidade de Coimbra através de um projeto nacional que engloba várias instituições do Ensino Superior em Portugal.

Serão também discutidas as vantagens e desvantagens de cada uma das soluções de IPBX que hoje em dia podem ser utilizadas por empresas e instituições que queiram adquirir comunicações VoIP, com mais pormenor as soluções open source existentes mas não descartando também as soluções proprietárias e avaliando as soluções que algumas empresas disponibilizam em Portugal.

## 2.1 Protocolos

### 2.1.1 IAX (Inter-Asterisk eXchange)

Este protocolo foi desenvolvido pela Digium para estabelecer a comunicação entre servidores Asterisk, no entanto o IAX não é exclusivo para o sistema Asterisk, podendo ser usado para a comunicação entre outros servidores. Como se trata de um protocolo aberto pode ser usado para diversos projetos de telecomunicações mesmo que estes não utilizem o Asterisk e todos os seus utilizadores podem também fazer desenvolvimentos para o protocolo visto que se trata de um protocolo de open source. IAX é um protocolo de transporte que usa uma única porta UDP (4569) tanto para o canal de sinalização como para o tráfego dos streams RTP, esta característica é uma grande vantagem em relação a outros protocolos, existindo assim uma interoperabilidade transparente entre a Firewall e o NAT (Network Address Translation).

O protocolo IAX também tem a particularidade de realizar o trunk de múltiplas sessões num único fluxo de dados, o qual se reflete numa enorme vantagem ao enviar vários canais simultâneos. Trunking permite que múltiplos fluxos de dados sejam representados por um cabeçalho único, o que reduz a sobrecarga (overhead) num único canal. Todas estas características permitem reduzir a latência, o poder de processamento e a largura de banda necessária. O IAX trunking torna-se ideal para situações onde existem uma grande quantidade de chamadas IP entre dois pontos. Existem algumas limitações neste protocolo, nomeadamente o facto de não ter um bom suporte para comunicações vídeo, no entanto como se trata de um protocolo aberto é espectável que no futuro a comunidade Asterisk possa melhorar esta potencialidade para que versões posteriores sejam ainda mais abrangentes nas suas capacidades de transmissão de dados. Um exemplo de Comunicação através do protocolo IAX pode ser consultado com algum pormenor no Anexo A. [2][3][4]

### 2.1.2 SIP

O protocolo SIP veio revolucionar a indústria das telecomunicações para comunicações digitais através da Internet. Até o aparecimento do SIP o protocolo H.323 era o protocolo de eleição para comunicações VoIP. A simplicidade do SIP com uma sintaxe muito semelhante a protocolos HTTP e SMTP tornou o SIP o protocolo *standard* para comunicações VoIP.

Inicialmente o protocolo SIP foi ignorado pois a referência de protocolos de comunicação VoIP era o protocolo H.323, mas rapidamente o SIP começou a ganhar popularidade devido a diversos fatores. Grande parte do seu sucesso deverá dever-se ao facto da sua documentação específica estar disponível de uma forma gratuita e para todos, o que realça a importância da utilização de *software open source* na área das telecomunicações. O protocolo SIP é um protocolo de sinalização da camada de aplicação que se liga através da porta 5060.

O protocolo SIP não foi o primeiro nem é o único protocolo VoIP que é usado nos dias de hoje (H.323, MGCP, IAX, entre outros também usados), mas atualmente é o protocolo *standard* para muitos fornecedores de Hardware para comunicações VoIP, este sucesso poderá dever-se á sua ampla aceitação e flexibilidade de arquitetura e também á sua simplicidade. Os aspetos de segurança, arquitetura, métodos e mensagens do protocolo SIP, bem como outros pormenores e exemplos de comunicação podem ser consultados no Anexo B. [2]

### 2.1.3 RTP – Real Time Protocol

O protocolo RTP está publicado no RFC 3550 da IETF, protocolo que permite funções de transporte ponto a ponto na rede sendo o seu uso mais apropriado para aplicações que transmitam dados em tempo real, como áudio ou vídeo, sobre serviços de rede unicast ou multicast. O RTP tem por base o protocolo UDP (User Datagram Protocol) onde a não existência de uma conexão direcionada impossibilita a verificação da receção correta dos pacotes de dados. Numa sessão RTP, os utilizadores estabelecem uma conexão de comunicação através de endereços IP com recurso a duas portas UDP, uma porta de controlo e uma porta de transporte de dados, sendo em cada sessão apenas transmitido um pacote de identificação de conteúdo e a sua informação de controlo.

Cada pacote RTP tem um cabeçalho fixo com mínimo de 12 bytes, seguido de uma lista variável de fontes que contém informação que permite a identificação dos dados contidos no pacote. O cabeçalho é composto por um carimbo temporal, o número de sequência de pacotes e por um identificador de sincronização. O protocolo RTP foi desenhado para ser escalável, flexível existindo separação entre os mecanismos de dados e controlo. A tabela exemplos de campos existentes numa mensagem do protocolo pode ser consultada na Tabela 27 que se encontra no Anexo de Figuras. [1]

### 2.1.4 H.323

Este protocolo standard da ITU (International Telecommunication Union) foi originalmente desenvolvido para fornecer um mecanismo de transporte IP para a realização de videoconferência. Tornando-se o protocolo standard para equipamentos de videoconferência IP sendo depois também usado como standard para comunicações VoIP.

Apesar do protocolo H.323 não ter muito sucesso entre muitos utilizadores, os equipamentos que usam o protocolo H.323 tem uma grande popularidade nos mercados empresariais. Essa popularidade deve-se muito ao elevado apoio financeiro por parte de muitas empresas de comunicação e organizações multinacionais como são os casos da Intel, Microsoft, Cisco e IBM, que devido a esse investimento conseguem dinamizar uma melhor divulgação no mercado.

O protocolo H.323 foi desenvolvido pela ITU em maio de 1996 como um meio para transmitir voz, vídeo, dados e comunicações de fax através de uma rede baseada em IP, mantendo a interoperabilidade com a PSTN. Desde a sua criação até aos dias de hoje o protocolo H.323 já sofreu varias alterações sendo lançadas novas versões e anexos que adicionam novas funcionalidades permitindo a sua total operabilidade com comunicações VoIP. Os pontos sobre componentes, arquitetura, codecs e exemplos de comunicação do protocolo H323 podem ser consultados no Anexo C. [2]

### 2.1.5 H.323 vs SIP

Para um melhor entendimento sobre as semelhanças e diferenças entre os protocolos H.323 e SIP é apresentado na Tabela 28 as características principais destes dois protocolos de comunicação.

## 2.2 Equipamentos usados em Comunicações VoIP

Nas secções seguintes serão analisados alguns equipamentos que permitem a realização de comunicações VoIP que podemos encontrar hoje em dia no mercado empresarial de comunicações e também soluções *open source*, que possam assim contribuir para uma redução dos custos de implementação de um sistema de comunicações VoIP, tal como é o desejado para a Instituição.

### 2.2.1 Terminais VoIP

Este tipo de equipamentos permite a interligação de infraestruturas necessárias para o transporte de tráfego de dados e voz dentro de uma determinada rede. Este tipo de conexão permite que o utilizador estabeleça comunicações bidirecionais em tempo real com outro terminal VoIP. De seguida serão analisados alguns destes terminais (telefones IP).

- **Telefones IP – Hardphones**

O *hardware* e *software* que os telefones IP hoje em dia possuem, oferecem ao utilizador novas funcionalidades mas ao mesmo tempo mantendo muitas das funcionalidades que os telefones convencionais já permitiam. Para além das chamadas convencionais este tipo de telefones tem algumas características muito interessantes e com vantagens significativas para os seus utilizadores.

- **Chamadas de videoconferência** – chamadas de vídeo entre dois telefones IP. Ideal para reuniões á distância ou até para explicações de apoio técnico.
- **Encaminhamento de chamadas** – possibilidade de encaminhar uma determinada chamada através de teclas especiais para o efeito.
- **Colocar chamadas em espera** – possibilidade de atender uma nova chamada e deixar uma chamada em espera podendo comutando entre as diversas chamadas previamente estabelecidas, mais uma vez com teclas especiais que podem estar integradas no telefone.
- **Sinalização de mensagens** – possibilidade de escuta ou de visualizar uma mensagem deixada no voice-mail.
- **Identificação da chamada** – funcionalidade que permite a identificação da chamada pelo numero associado ou através do nome do utilizador se o mesmo estiver identificado. Esta funcionalidade permite também saber a data e hora a que a chamada foi efetuada.

- **Telefones IP – Softphones**

Este tipo de aplicações podem ser instaladas num computador pessoal ou ainda em smartphones e tablets o que permite uma maior mobilidade e versatilidade para este tipo de comunicações. Estas aplicações são utilizadas para simular o funcionamento de um telefone sem a necessidade de adquirir um telefone IP que representa sempre gastos de aquisição para a instituição, e com uma utilização simples e com integração de auriculares que permitam uma melhor adaptação a este tipo de serviços. Existem vários tipos de aplicações deste tipo disponíveis no mercado atual sendo que apenas algumas serão futuramente analisadas e encaradas como verdadeiras soluções alternativas para a realização de comunicações VoIP.

### 2.2.2 Placas de ligação à rede PSTN

Este tipo de equipamento é um *hardware* específico que permite a ligação entre uma rede IP e uma rede PSTN. Deste tipo ligações é importante destacar a existência de três tipos de placas para a ligação entre a rede IP e a PSTN, a ligação entre a rede IP e PRI e ainda a ligação entre a rede IP e a ISDN (RDIS). A conexão da rede IP à rede PSTN é feita através de placas de ligação FXS e FXO. A porta FXS (*Foreign eXchange Subscriber*) corresponde à interface que fornece a linha analógica ao assinante, enquanto que a porta FXO (*Foreign eXchange Office*) é a interface que recebe a linha analógica.

### 2.2.3 Gateway/Gatekeepers VoIP

Um Gateway VoIP tem como principal objetivo a tradução entre uma rede VoIP e uma rede PSTN, permite assim a conversão do tráfego TDM da rede PSTN em tráfego do H.323 ou tráfego SIP. Os Gateways VoIP permitem a realização de chamadas entre terminais SIP/ISDN, IPv4/IPv6 e diferentes sistemas de codificação de voz. Normalmente os Gateways mais utilizados são aqueles que ligam telefones IP a telefones tradicionais (comutação de circuitos). Os Gatekeepers apenas são responsáveis pela admissão de chamadas e controlo da largura de banda.

## 2.3 Aplicações de Gestão de Serviços de Comunicações VoIP

Nesta secção, serão analisadas algumas aplicações *open source* que permitem a gestão de serviços de comunicações VoIP pois estes serão fundamentais para o desenvolvimento do projeto de comunicações VoIP que se pretende criar para a instituição. Para o desenvolvimento deste mesmo projeto é necessário analisar os servidores IPBX, bem como os Gateways, os protocolos usados para este tipo de comunicações e ainda algumas ferramentas de contabilização e faturação.

### 2.3.1 IPBX

As capacidades de um IPBX assemelham-se muito a um sistema de PBX<sup>2</sup> convencional que permitem o redireccionamento e transferência das chamadas numa determinada rede de comunicações, e também disponibilizam o acesso a linhas exteriores. Com um sistema IPBX elimina-se a necessidade de uma rede de comunicações de voz separada, interligando o tráfego de voz e de dados na mesma rede de comunicações.

Para além das funcionalidades básicas de comunicações existem também novas funcionalidades associadas a um sistema deste género, de realçar a possibilidade de conferência de chamadas, registo de chamadas e localização, voice-mail, reencaminhamento de chamadas e ainda a possibilidade de realizar chamadas de vídeo ou ainda videoconferências desde que seja suportado pelo equipamento a utilizar. Algumas destas funcionalidades serão analisadas com mais pormenor ao longo do documento. Com um sistema IPBX é possível usar não só telefones IP *hardphones*, mas também aplicações de *softphones* que podem ser configuradas num computador pessoal sem a necessidade de adquirir um telefone IP que tem sempre encargos para a instituição. Na Tabela 29 são apresentados alguns modelos de sistemas IPBX que hoje em dia podem ser adquiridos, soluções empresariais e *open source*.

### 2.3.2 Asterisk

Até muito recentemente todos os serviços e produtos de telecomunicações eram controladas por empresas que criavam as tecnologias de comunicações que por sua vez as distribuíam por empresas especializadas que tinham o controlo dos serviços de comunicações. Mas no final da década de 90, as comunicações de dados tornaram-se livres

---

<sup>2</sup> PBX – Central Telefónica Analógica

devido a enorme expansão da Internet, possibilitando o aparecimento de novas tecnologias, novos serviços e novas empresas bem como sistemas operativos de *open source* que não precisam de licenças nem custos associados a sua aquisição, culminando no sistema operativo Linux (ou GNU/Linux). Inspirado por esta nova realidade de serviços *open source* Mark Spencer desenvolve o Asterisk, uma plataforma de telefonia totalmente livre e divulga o seu projeto pela Internet.

Em 2001 é criada a Digium, empresa que desenvolve o *software* Asterisk e também hardware para as placas FXO/FXS e ainda Gateways Routers ou ainda telefones IP. Com a expansão do VoIP dá-se a transição dos sistemas circuitos para as redes IP que possibilitam um enorme impulso ao Asterisk e à sua propagação para todos aqueles que desejaram ter uma central telefónica em casa ou até na sua própria empresa. Como o autor do livro “Asterisk The Future of Telephony” refere, o sistema Asterisk é uma ideia revolucionária para os sistemas de comunicações de voz, e tal como a utilização do Linux tem vindo a crescer nas empresas e instituições de forma a reduzirem custos. Também o Asterisk pode ser aceite pelas empresas como uma solução muito mais vantajosa que os seus sistemas de comunicações atuais que tragam vantagens muito significativas para as instituições que adotem o Asterisk como o seu IPBX.

O Asterisk está preparado para funcionar no Sistema Operativo Linux mas existem alternativas de funcionamento para Mac OS e mesmo até em Windows mas com recurso a máquinas virtuais. Apesar da Digium ser a empresa oficial de desenvolvimento do Asterisk como se trata de um sistema *open source* existe uma vasta comunidade que pode desenvolver e dar suporte para o Asterisk, comunidade que é liderada pelo seu fundador Mark Spencer onde profissionais de várias áreas (profissionais das telecomunicações, profissionais de tecnologias de informação e de redes) partilham a paixão por esta área e por esta tecnologia. Para além dos protocolos de encaminhamento já referidos anteriormente é necessário também a utilização de Codecs (Coder/Decoder) para codificar e comprimir os dados de voz analógicos em formato digital, a tabela seguinte ilustra os codecs suportados pelo Asterisk. [2][5]

Codec	Data Bitrate (Kbps)	Licença
<b>G.711</b>	64 Kbps	Não
<b>G.726</b>	16, 24, 32 ou 40 Kbps	Não
<b>G.729A</b>	8 Kbps	Sim
<b>GSM</b>	13 Kbps	Não
<b>iLBC</b>	13,3 Kbps ou 15,2 Kbps	Não
<b>Speex</b>	variável entre 2,15 Kbps e 22,4 Kbps	Não

Tabela 1 – Referência rápida sobre os distintos Codecs [2]

### 2.3.2.1 Funcionalidades e características de um sistema Asterisk

- **Sistema de telefonia IPBX** – funcionalidade principal que permite a transferência de chamadas telefónicas entre utilizadores VoIP e utilizadores que utilizam sistemas telefónicos PSTN.
- **Serviço de encaminhamento automático de chamadas** – este sistema permite que a chamada seja entregue ao seu destinatário final, salientando que podem ser enviadas para uma extensão única ou para um grupo de extensões ou ainda para o sistema de gravação de chamadas.
- **Sistema IVR (Interactive Voice Response)** – com esta funcionalidade é possível programar o atendimento de chamadas de uma forma mais flexível, de forma a dar algum tipo de resposta à chamada sem a necessidade de interação humana. Este tipo de sistema reproduz ficheiros áudio permitindo ao utilizador (emissor da chamada) a escolha de uma das opções disponíveis que lhe são expostas.
- **Sistema de voice-mail com integração com o webmail** – através da integração com o webmail é possível notificar o destinatário de uma nova mensagem de voz por e-mail, com a possibilidade da mensagem de áudio gravada ser também entregue como anexo nesse mesmo e-mail.
- **Serviço de relatório e estatísticas das chamadas** – para manter o registo completo e detalhado de todas as chamadas, tendo a possibilidade de guardar toda esta informação em formato flat ou numa base de dados para uma melhor apresentação e maior facilidade de análise dos dados. Esta funcionalidade poderá ser bastante útil para monitorizar a utilização do Asterisk e ainda a possibilidade de detetar padrões ou anomalias.
- **Administração e gestão através de web browsers** – esta funcionalidade permite uma melhor capacidade de gestão e organização de todas as informações sobre as chamadas recebidas e efetuadas e sobre as outras diversas configurações do Asterisk.
- **SIP Proxy limitado** – tal como foi referido anteriormente o sistema Asterisk permite a realização de chamadas SIP, os dispositivos são registados num servidor SIP permitindo a mútua localização dos dispositivos para que possam assim estabelecer comunicações entre si. No entanto quando existe um número elevado de dispositivos SIP em utilização, é implementado de imediato um proxy SIP que permite assim uma melhor gestão e manipulação dos registos e conexões de uma forma muito mais eficiente. Importante de salientar que o sistema Asterisk não atua como um SIP Proxy.
- Possibilidade de integração de sistemas PBX's analógicos com sistemas de comunicações VoIP.
- Possibilidade de migração de sistemas PBX's analógicos para os sistemas de IPBX.

### 2.3.2.2 Arquitectura do sistema Asterisk

Uma das grandes vantagens de usar um sistema Asterisk, para além de ser um sistema *open source* prende-se também pela sua grande flexibilidade, ou seja o Asterisk tem um enorme suporte para diversos hardwares e aplicações telefónicas bem como para diversos protocolos e codecs que são necessários para comunicações VoIP. Os pormenores sobre a arquitetura, funcionamento, requisitos, vantagens e desvantagens do Sistema Asterisk podem ser consultados no Anexo D.

### 2.3.3 TrixBox

O sistema PBX TrixBox é uma plataforma *open source* de *software* IPBX, especificamente desenvolvida para a implementação de um sistema PBX para o sector empresarial (pequenas e médias empresas). Inicialmente este produto tinha a designação de Asterisk@Home mas após a sua aquisição por parte da Fonality passou a designar-se como TrixBox. Atualmente existem várias versões disponíveis, sendo que a versão TrixBox CE é totalmente gratuita e como uma instalação bastante simples. A interface gráfica permite aos seus utilizadores configurar o sistema de uma forma simples e bastante intuitiva e também na realização de uma melhor gestão do servidor Asterisk, incluindo ainda a configuração e gestão de todos os telefones e respetivos recursos através de uma interface web eficiente que utiliza serviços Apache, MySQL e PHP. Os pormenores relativos às funcionalidades e arquitetura sistema Trixbox podem ser consultados no Anexo E.[6]



Figura 3 – Plataforma Trixbox [6]



### 2.3.4 Elastix

O sistema PBX Elastix é atualmente uma das melhores plataformas Open Source existentes no mercado das comunicações, tendo sido desenvolvido para prestar uma melhor instalação e configuração do servidor Asterisk. Devido á sua interface gráfica intuitiva e de fácil utilização, a instalação do sistema PBX Elastix pode ser realizada em poucos minutos, incluindo o tempo de instalação do Sistema Operativo Linux e ainda o sistema Asterisk que contém ainda todas as bibliotecas necessárias para o bom funcionamento do sistema PBX. O Elastix tal como o TrixBox tem também uma interface web com varias opções que permitem a configuração e gestão do servidor Asterisk, tal como a figura 4 ilustra. No Anexo F pode ser consultada mais alguma informação sobre a plataforma Elastix, nomeadamente sobre as funcionalidades e características desta plataforma bem como requisitos mínimos para a sua instalação. [7]

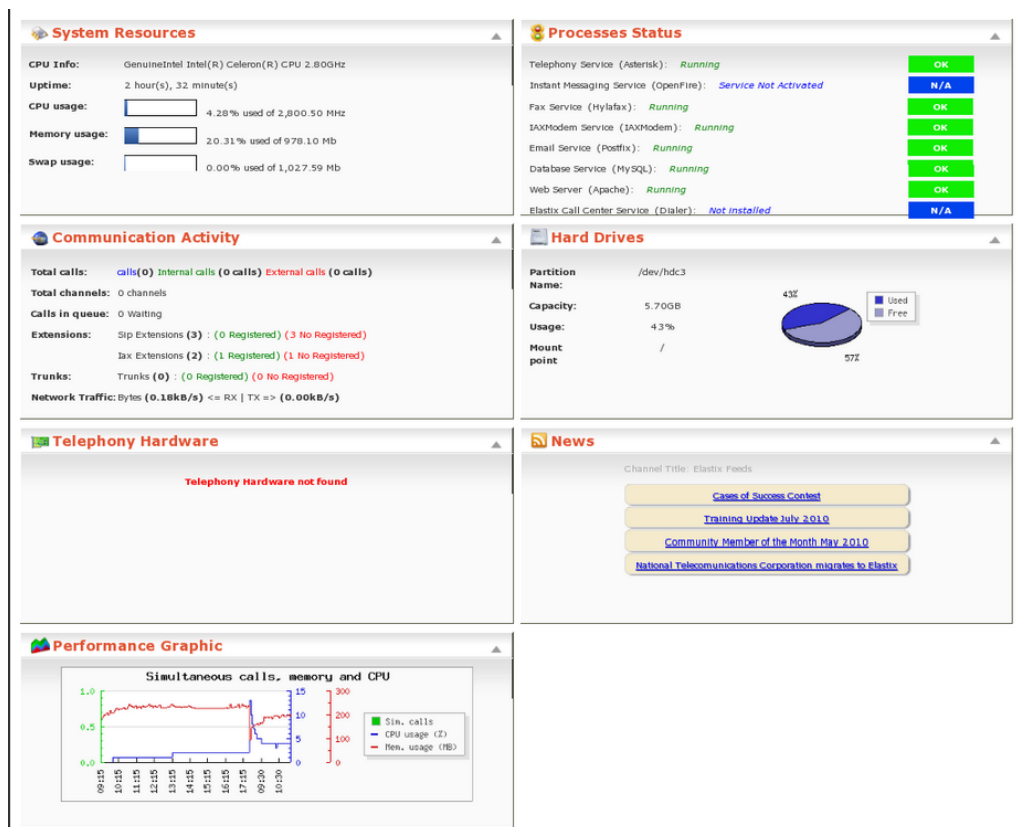


Figura 4 – Exemplo da Interface da Plataforma Elastix [7]

## 2.4 Conclusões e Análises

Apesar da elevada referência ao sistema Asterisk ao longo deste documento, o estagiário tem conhecimento da existência de outros sistemas que são usados em plataformas de comunicações VoIP. Um desses sistemas de comunicações VoIP é o FreeSWITCH que se tem apresentado com uma alternativa viável ao Asterisk e que tal como este também é um *software open source* que no futuro poderá trazer enormes vantagens para as instituições que pretendam migrar para uma solução de comunicações VoIP.

Devido à falta de documentação sobre este sistema de comunicações VoIP não foi possível analisar convenientemente o FreeSWITCH, no entanto era importante a sua referência neste documento.

Da pouca informação que foi possível averiguar na consulta a uma empresa que desenvolve soluções de comunicações VoIP, a grande vantagem do Sistema FreeSWITCH em relação ao Asterisk é a capacidade de *Multitenancy*, característica principal para utilizar uma plataforma VoIP através da *Cloud*. Devido à capacidade de *Multitenancy*<sup>3</sup> é possível criar vários clientes diferentes num mesmo servidor, abordagem que pode ser muito interessante para empresas que queiram uma nova plataforma de comunicações mas sem os constrangimentos de ter um novo servidor nas suas instalações.

A decisão de atribuir elevado protagonismo ao sistema Asterisk é justificada pela comprovada prestação que este sistema tem alcançado na comunidade *open source* bem como no mundo empresarial que tem desenvolvido plataformas de comunicações VoIP assentes no Asterisk. A elevada utilização e documentação existente foi também uma das justificações para a elevada referência ao Asterisk, tentando não descuidar a existência de outros sistemas de comunicações VoIP mas focando este capítulo nas plataformas que foram desenvolvidas em Asterisk.

---

<sup>3</sup> Multitenancy – permite a disponibilização de vários IPBXs virtuais sem a necessidade de utilização de máquinas virtuais

## Capítulo 3

# Levantamento e Análise do Parque de Telefonia existente na CMC

Neste capítulo será descrito o parque de telefonia atual da CMC, onde serão estabelecidos os critérios de elegibilidade das centrais telefônicas para a transição do sistema de comunicações. Será também analisado um estudo financeiro que possa garantir um impacto reduzido na aquisição de equipamentos de comunicações VoIP de forma a garantir a sustentabilidade do projeto mas ao mesmo tempo assegurando a performance que um sistema de Comunicações VoIP necessita.

### 3.1 Avaliação da infraestrutura existente

A conservação da infraestrutura atual de telefonia terá de ser sempre uma mais-valia para a instituição, quer seja para reduzir os custos financeiros com a aquisição de novos equipamentos quer seja também na quebra de serviço mínimo das comunicações de voz entre os edifícios.

Informação mais detalhada sobre as centrais telefônicas existentes na CMC pode ser consultada nas tabelas Tabela 30 e Tabela 31 (Anexo de Figuras).

A Tabela 30 que se encontra no anexo de figuras pretende ilustrar o parque de telefonia existente na CMC. Esta tabela tornou-se bastante útil para a definição do planeamento de implementação do projeto global de comunicações VoIP para a CMC. Através da análise dos dados apresentados nesta tabela é possível observar que existem algumas centrais telefônicas que apenas possuem extensões analógicas e outras em que a sua capacidade de novas extensões atingiu o limite máximo.

Para além destas condicionantes, foi transmitido ao estagiário que algumas centrais telefônicas apresentam alguns problemas de funcionamento. Situação que torna a aquisição de uma nova plataforma de comunicações uma prioridade urgente o município, para assim poder reduzir os custos de comunicações de voz e ultrapassar as condicionantes já referidas.

Inicialmente havia a intenção de manter a maioria das centrais telefônicas em funcionamento e proceder á sua integração com a nova plataforma de comunicações VoIP através da utilização de Media Gateways. No entanto, após análises de custos e um estudo financeiro elaborado pelo estagiário, essa alternativa deixou de ser equacionada pois não se apresentava como uma mais-valia para o Município. Os dados relativos ao estudo financeiro serão apresentados no Capítulo 5 Estudo Financeiro, estudo este que se tornou essencial para o cálculo do tempo de retorno do investimento, que permite justificar as vantagens financeiras de avançar com a aquisição de uma nova plataforma de comunicações de voz.

## 3.2 QoS – Qualidade de Serviço

Uma das principais propriedades para um bom sistema de comunicações de voz é sem dúvida a QoS (Qualidade de Serviço). Para tal, é necessário garantir que o tráfego de pacotes de voz não sofre atrasos ou perdas devido a interferências causadas por outro tipo de tráfego de dados ou por equipamentos que dão suporte a toda a estrutura da rede IP. [8]

### 3.2.1 Métodos que permitem avaliar a qualidade de serviço de voz

Uma das formas de avaliar a qualidade de voz num sistema de comunicação passa pela utilização do método MOS (*Mean Opinion Score*), que consiste numa avaliação onde um conjunto de avaliadores/ouvintes atribuem uma pontuação numa escala de 1 a 5 (em que 1 é pobre e 5 excelente) à qualidade da conversação reproduzida pelo sistema de comunicação. Este tipo de processo é bastante simples, no entanto não é o mais indicado para avaliar grandes quantidades de chamadas telefónicas em tempo real.

No entanto têm surgido algumas ferramentas que permitem obter resultados mais fidedignos e em tempo real de uma forma automática para a respetiva avaliação da qualidade de serviço de voz. Outros métodos de avaliação de QoS passam pela utilização de sistemas automáticos que analisam o tráfego como é o caso do PSQM (*Perceptual Speech Quality Measure*), o PAMS (*Perceptual Analysis Measurement System*) ou ainda o PESQ (*Perceptual Evaluation of Speech Quality*). [8][9]

### 3.2.2 Factores de Degradação de Comunicações de Voz

Os sistemas de comunicação VoIP permitem a partilha do canal de transmissão com outras aplicações que ocupam assim a largura de banda, tornando este tipo de comunicação sujeita a fatores que podem degradar a qualidade de comunicação. Para garantir uma QoS adequada, com bons níveis de qualidade de serviço é importante analisar antes de mais os fatores que determinam a degradação da QoS, entre os quais se destacam: [15]

- **Latência** – tempo que um pacote de dados demora a chegar desde o emissor até ao recetor.
- **Jitter** – variação no tempo e na sequência de entrega dos pacotes
- **Perda de pacotes** – perda consecutiva ou interpolada de dados

#### 3.2.2.1 Latência

Para que seja possível obter uma conversação perceptível entre dois interlocutores o valor de latência não pode ser superior a 150 ms em cada um dos sentidos (dados referenciados pela recomendação da ITU-T's, International Telecommunications Union's Telecommunication branch's). Se por algum motivo, este valor de referência for ultrapassado, a conversação irá degradar-se até se tornar totalmente impercetível. [15]

Estes valores referem-se a todo o percurso que é realizado pelo tráfego de voz entre dois terminais, incluindo a rede interna da instituição, a rede RCTS (WAN) e a rede do

operador. Num sistema de comunicação VoIP existem três fatores que podem contribuir para a latência.

- Aplicação/Protocolo – para que ocorra a transmissão de áudio numa rede IP existe a necessidade de digitalizar a conversação através da conversão dos sinais analógicos em sequência de bits (CODEC).
- Propagação física do sinal – estimativa de tempo referente à propagação do sinal de voz pelo meio físico da infraestrutura.
- A retenção temporária de pacotes em *buffers* dos equipamentos de encaminhamento, bem como o tempo do seu processamento contribuem também para o aumento do atraso na entrega dos pacotes.

Na tabela seguinte, são identificados os valores de latência em função do CODEC utilizado.

Name	Standard	Sampling rate (kHz)	Bit rate (Kbps)	Frame Size (ms)	Delay (ms)
PCM	G.711	8	48, 64	20	0
Subband ADPCM	G.722	16	48, 56, 64	15	0
MP-MLQ	G.723.1	8	6.3	30	7.5
ACELP	G.723.1	8	5.3	30	7.5
ADPCM	G.726	8	16-40	20	0
LD-CELP	G.728	8	16	18.75	0.625
CS-ACELP	G.729	8	8	10	5

Tabela 2 – tempos de latência para os diferentes codecs [10]

Para otimizar a compressão do áudio transmitido durante uma comunicação, os algoritmos de compressão de voz recorrem ao método de supressão do silêncio pois durante uma conversação cerca de 40% do tempo apenas é transmitida informação, no restante período existe silêncio. Assim a supressão do silêncio é uma boa otimização da largura de banda, pois apenas serão enviados pacotes que contenham áudio emitido pelos interlocutores. [9]

### 3.2.2.2 Jitter

Durante uma conversação o fluxo de pacotes deve ter um ritmo constante, e caso seja possível ao mesmo ritmo que foram enviados pelo emissor, para que assim exista um nível aceitável de QoS. Caso a variação do Jitter seja demasiado longa, existirá uma grande dificuldade de comunicação entre os intervenientes, havendo a possibilidade de sobreposição de conversações, tornando-as insuportáveis. De modo a compensar o Jitter pode ser utilizado o armazenamento local de pacotes antes de serem reproduzidos pelo CODEC. [9]

### 3.2.2.3 Perda de Pacotes

Existem diversos fatores que podem influenciar a perda de pacotes, entre os quais se destacam a sobrecarga do tráfego quando o limite da capacidade do canal de transmissão é atingido, a rejeição de pacotes quando a memória local (buffers) atinge a sua capacidade máxima, a má formatação de alguns pacotes, possíveis avarias em equipamentos ou ainda a retenção de tráfego definidos pelas políticas de segurança (Firewall). No caso de sistemas de transmissões em tempo real, como é o caso dos sistemas VoIP os pacotes que chegam com atraso em relação ao instante que deveriam ser reproduzidos deixam de ser úteis para a conversação, por isso são automaticamente descartados.

Perdas de 1% de pacotes podem ter um impacto significativo da degradação de uma chamada VoIP. Os CODEC's com taxa de compressão mais elevadas são ainda menos tolerantes a perdas de pacotes do que os restantes CODEC's. Por exemplo o CODEC G.729 exige uma perda de pacotes inferior a 1% para que não haja degradação na transmissão do sinal de voz. [9]

### 3.2.3 Requisitos de QoS do Projeto VoIP@RCTS

Aproveitando o conhecimento fornecido do projeto de migração para comunicações VoIP já realizada na Universidade de Coimbra, serão apresentados nesta secção os requisitos de QoS necessários para que as comunicações se possam realizar sem a degradação da qualidade das mesmas.

Os valores das métricas a seguir apresentadas foram disponibilizados pelo CIUC com a documentação de requisitos mínimos que a FCCN tem de garantir. Através destes valores poderá ser possível ter um termo de comparação com os testes efetuados na rede da instituição (CMC). [9]

#### 3.2.3.1 Nível de serviço na RCTS

Os pontos seguintes foram retirados da documentação fornecida pelo CIUC sobre os requisitos mínimos de QoS do projeto VoIP@RCTS e apenas devem ser considerados como análise de valores referência para as diferentes métricas aqui apresentadas. Posteriormente serão realizados testes na rede da CMC para determinar a o nível de QoS da instituição.[9]

“A FCCN, detentora da rede RCTS, responsabiliza-se por garantir a entrega de tráfego VoIP com as seguintes métricas:

#### **Latência:**

- a) - Desde o ponto de saída da instituição A até ao ponto de entrada na instituição B, utilizando a RCTS como meio de transporte de tráfego VoIP o valor da latência não ultrapassa os **60 ms**.
- b) - Desde o ponto de saída de uma instituição até ao ponto de entrada no operador o valor da latência não ultrapassa os **30 ms**.

**Jitter:**

- a) - Desde o ponto de saída da instituição A até ao ponto de entrada na instituição B, utilizando a RCTS como meio de transporte de tráfego VoIP o valor do jitter não ultrapassa os **10 ms**.
- b) - Desde o ponto de saída de uma instituição até ao ponto de entrada no operador valor do jitter não ultrapassa os **10 ms**.

**Perda de pacotes:**

- a) - Desde o ponto de saída da instituição A até ao ponto de entrada na instituição B, utilizando a RCTS como meio de transporte de tráfego VoIP a percentagem de perda de pacotes não ultrapassa os **0,5 %**.
- b) - Desde o ponto de saída de uma instituição até ao ponto de entrada no operador a percentagem de perda de pacotes não ultrapassa os **0,5 %**. “

**3.2.3.2 Nível de serviço na Instituição (neste caso as instituições do Projeto VoIP@RCTS)**

“A instituição, responsável pela rede LAN, assegura a entrega de tráfego VoIP com as seguintes métricas:

**Latência:**

Desde o terminal de telefonia (telefone) da instituição até ao seu ponto de saída, o valor da latência não ultrapassa os **45 ms**.

**Jitter:**

Desde o terminal de telefonia (telefone) da instituição até ao seu ponto de saída, o valor do jitter não ultrapassa os **10 ms**.

**Perda de pacotes:**

Desde o terminal de telefonia (telefone) da instituição até ao seu ponto de saída, a percentagem da perda de pacotes não ultrapassa os **0,5%.**”

**3.3 Conclusões**

A inclusão da informação dos parâmetros de QoS apresentados neste capítulo poderá servir de comparação e requisito para o futuro contrato de comunicações que irá servir a Câmara Municipal de Coimbra nos anos seguintes. Na elaboração desse caderno de encargos houve também algum contributo pela parte do estagiário para a definição dos requisitos de QoS.

Poderiam ter sido realizados testes na rede atual de comunicações da CMC que pudessem avaliar os parâmetros de QoS aqui descrito, no entanto devido à alteração do futuro cenário de rede IP (VPN IP na infraestrutura do operador de telecomunicações, que abrange a maioria dos edifícios) esses dados não seriam muito úteis para a definição deste projeto de comunicações VoIP.

## Capítulo 4

### Arquitetura proposta e Análises complementares

Neste capítulo será apresentada uma proposta de arquitetura geral para o projeto de comunicações VoIP da CMC, tendo em conta vários cenários de implementação conforme os casos específicos dos edifícios em causa e tendo em conta o projeto piloto referente a este projeto. A Figura 5 ilustra o cenário da implementação final do projecto de comunicações VoIP, este será o cenário final depois da conclusão da última fase de implementação do projeto.

Ao longo deste projeto outros cenários de possíveis arquiteturas foram considerados, nomeadamente algumas propostas de empresas de comunicações que foram consultadas. Uma dessas propostas passava pela migração de algumas centrais telefónicas para VoIP através da aquisição de Media Gateways e upgrade da central telefónica localizada no edifício Paços do Município. Esta opção seria interessante de forma a conservar a infraestrutura de comunicações existentes (centrais telefónicas e telefones existentes) mas devido ao elevado investimento e não resolução das condicionantes e problemas existentes acabou por não ser considerada como uma proposta vantajosa para o Município.

Existiram outras propostas com sistemas de comunicações VoIP proprietárias interessantes pelas suas capacidades e funcionalidades, no entanto devido às condicionantes, de serem produtos que necessitam de licenças com custos avultados e a aquisição também representar um grande investimento, acabaram por não se tornar uma opção viável para as pretensões da CMC.

A procura de uma solução que não tenha encargos com licenciamento e que apresentem as funcionalidades necessárias para as futuras comunicações da CMC sempre foi o principal objetivo deste projeto. Depois de elaborado um estudo sobre este tipo de tecnologias e empresas que prestam este tipo de serviços com base em plataformas open source foi definida a arquitetura apresentada neste Capítulo.



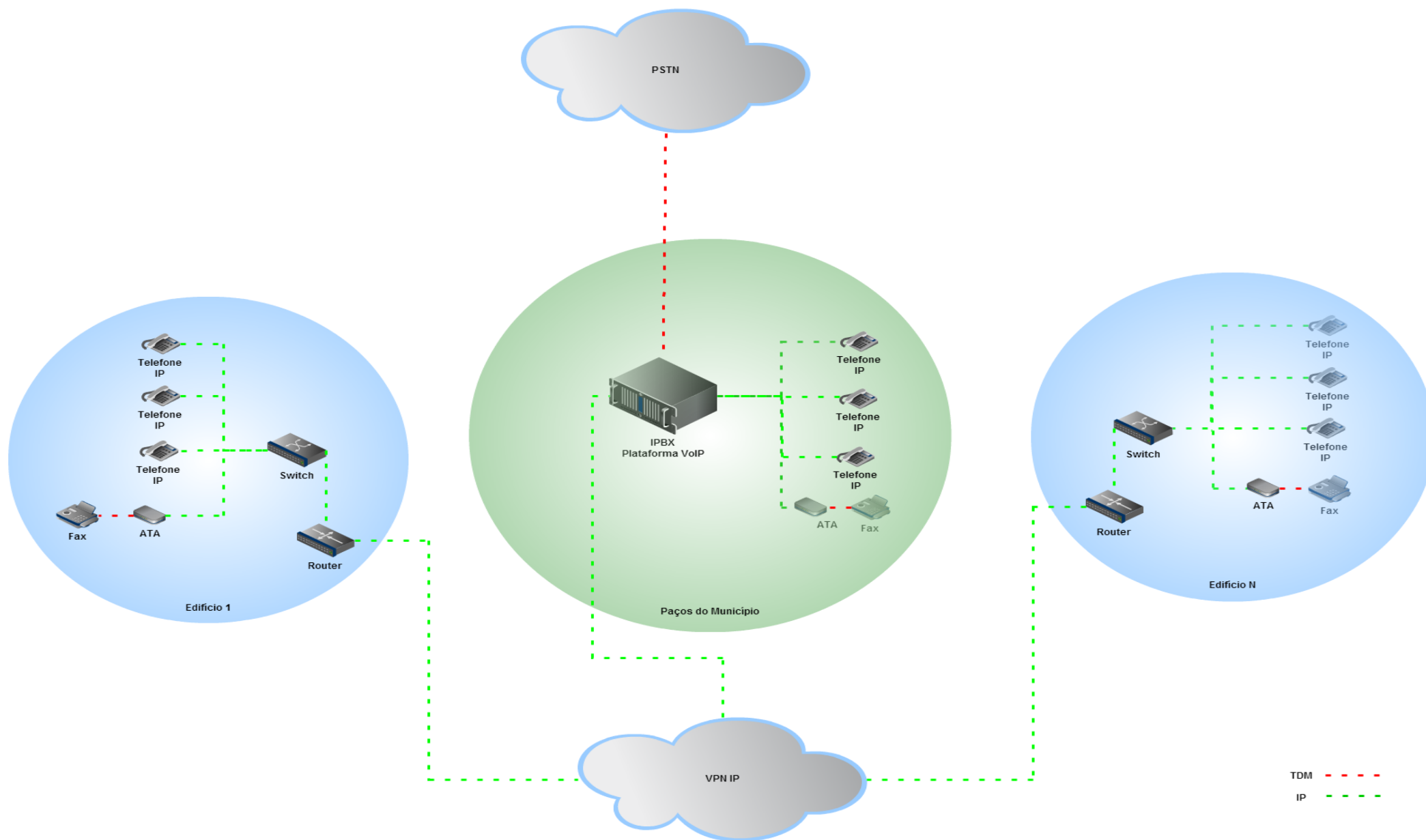


Figura 5 – Arquitetura Geral proposta para o Sistema de Comunicações VoIP da CMC

## 4.1 Breve Descrição da Arquitetura Proposta

A proposta de Arquitetura apresentada neste Capítulo define um cenário de comunicações unificada num único equipamento, permitindo assim uma melhor gestão dos serviços de comunicações de Voz. Através da “eliminação” das centrais telefónicas atuais também será possível uma substancial redução de custos mensais (alugueres de linhas telefónicas e acessos) que hoje se aplicam em cada um dos edifícios analisados.

Informação complementar pode ser consultada no Anexo G, em anexo, onde é feita uma descrição detalhada do cenário de comunicações existente e no futuro cenário que se pretende implementar com este novo projeto de comunicações VoIP para a CMC.

## 4.2 Identificação dos equipamentos existentes e novos equipamentos a adquirir

Nesta nova secção será abordado o tipo de telefones existentes na CMC bem como novos equipamentos telefónicos que será necessário adquirir para a migração de comunicações VoIP. Será também realizada uma descrição dos restantes equipamentos que fazem parte da arquitetura proposta para o projeto de comunicações VoIP para a instituição.

### 4.2.1 Telefones analógicos e digitais

Os telefones aqui apresentados são semelhantes aos que hoje em dia são utilizados nas comunicações da CMC. Não será realizada uma descrição detalhada, pois as funcionalidades dos mesmos são bastante primárias no que diz respeito a este tipo de comunicações. No final da ultima fase de implementação do projeto todos estes equipamentos serão substituídos por telefones SIP, ou caso seja necessário por *softphones* que estejam instalados nos respetivos computadores dos funcionários da CMC. [11][12]



Figura 7 - Alcatel 4004 [18]



Figura 6 – Alcatel 4035 [19]

### 4.2.2 Telefones IP e Softphones

Neste ponto serão abordados os dois tipos de terminais IP que podem ser utilizados na realização das comunicações VoIP, mais concretamente as aplicações *Softphones* e os *Hardphones*. As características das aplicações *softphones* já foram descritas anteriormente no Capítulo

2

Estado da Arte, mas neste caso serão apenas apresentadas duas alternativas de aplicações *Softphones* que podem ser utilizadas para a realização de comunicações VoIP.[13] [14]

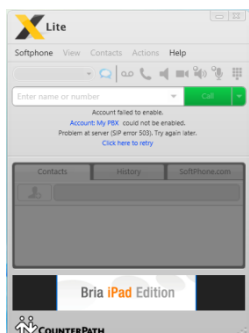


Figura 9 – X-Lite [20]

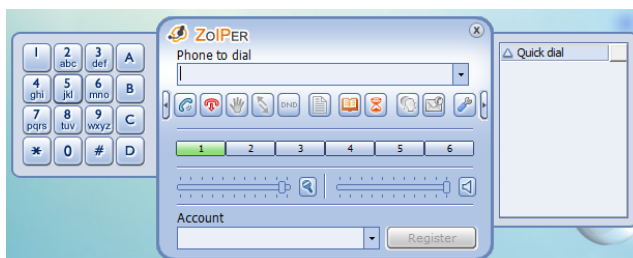


Figura 8 – Zoiper [21]

Estes dois tipos de aplicações *Softphone* (X-Lite e Zoiper) são ambos de utilização gratuita que podem ser usados de forma a simular a utilização de um telefone convencional através de um computador. Estas duas aplicações estão disponíveis em versões para Windows, Linux ou ainda para Mac OS e podem ser facilmente adquiridas através dos sites da Counterpath e Zoiper. Existem outras aplicações no mercado, inclusive a aplicação Bria desenvolvida pela Counterpah que permite também a funcionalidade de *instant messaging*, mas esta aplicação necessita de uma licença e por esse motivo não pode ser testada durante a realização do projeto-piloto.

Na figura seguinte são apresentados alguns exemplos de telefones IP que oferecem as diversas funcionalidades assentes na tecnologia VoIP tal como foi descrito anteriormente neste mesmo documento. [15] [16][17]



Figura 10 – Telefones IP [22] [23] [24]

Como ainda não existe nenhum contrato para a aquisição de telefones IP para a fase de implementação do projeto, estes modelos aqui apresentados apenas pretendem representar diferentes alternativas de equipamentos Hardphone IP.

Os equipamentos Grandstream e Polycom poderão não ser adquiridos para a implementação do projeto global. No entanto poderão ser considerados no futuro especialmente caso seja necessário adquirir equipamentos para audioconferências (Polycom PM700P) ou para videoconferências (Grandstream GXV3140). Alguns destes equipamentos podem oferecer capacidades muito interessantes como é o caso da *webcam* integrada e o sistema Android embutido no telefone que possibilita novas potencialidades que podem ser interessantes para o utilizador.

Na secção Investimento Necessário do Capítulo 5 Estudo Financeiro serão descritos os diferentes tipos de telefones que deverão ser adquiridos para o projeto de comunicações VoIP da CMC, com uma estimativa de preços relativos a cada tipo de telefone. Apesar dos exemplos de telefones apresentados nesta secção existe também o Anexo G com informação importante sobre as características dos telefones que se pretendem adquirir para o projeto global de comunicações.

### 4.2.3 PBX Convencional

De maneira a garantir uma melhor transição para as comunicações VoIP optou-se por não excluir no imediato a utilização das centrais telefónicas existentes que podem ser visualizadas na Tabela 31, que se encontra no anexo de figuras. Este tipo de equipamentos permite assim a sinalização, encaminhamento e configuração de chamadas dos terminais telefónicos existentes.

Importante referir que depois da conclusão da última fase do projeto de implementação das comunicações VoIP todos estes equipamentos irão ser substituídos por um único IPBX localizado no edifício dos Paços do Município, reduzindo também os encargos financeiros associados aos custos de manutenção e mensalidades desses mesmos equipamentos (PBX). A arquitetura geral de um sistema PBX é ilustrada pela figura seguinte. [8]

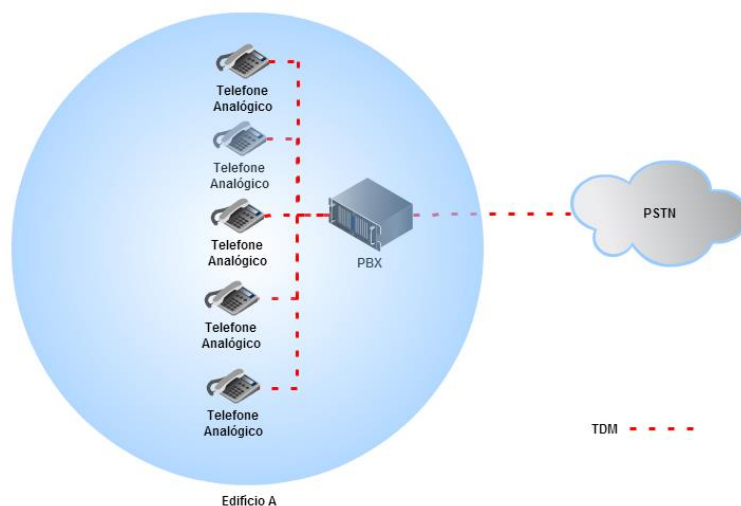


Figura 11 – Arquitetura geral de um sistema PBX Convencional [15]

#### 4.2.4 IPBX

Todos os terminais VoIP (telefones IP ou computadores com *softphones*) precisam de estar conectados e registados em servidores IPBX para que a conversação de voz seja estabelecida com sucesso. Este tipo de equipamento é também responsável pela autenticação dos diferentes terminais e também a sua localização atual. Os IPBX são muito semelhantes no seu funcionamento aos PBX convencionais, no entanto estes comunicam com os terminais apenas por rede IP e não por TDM.

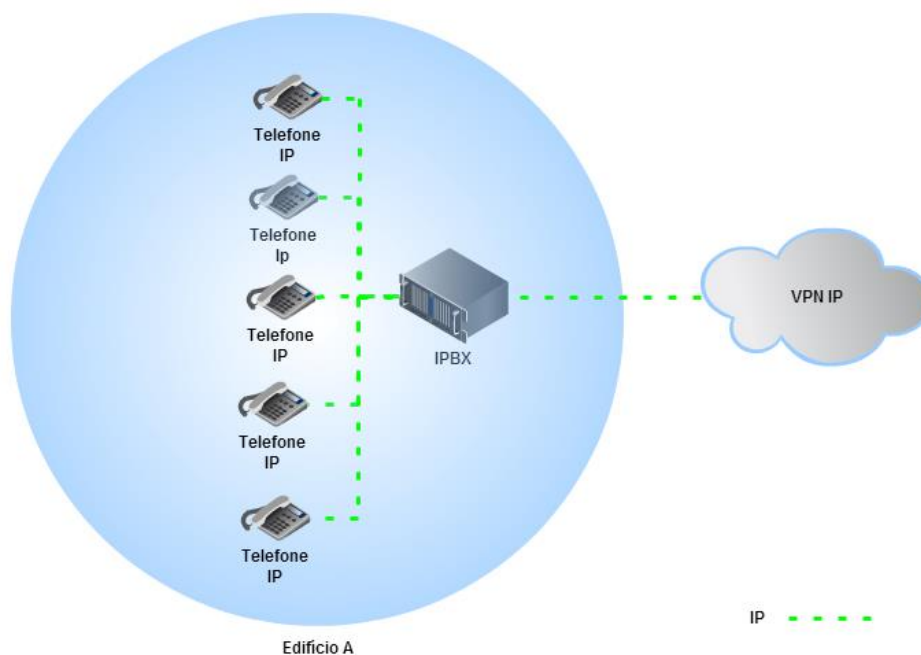


Figura 12 – Arquitetura genérica de um sistema IPBX [15]

##### 4.2.4.1 IPBX Hardware

A nível de Hardware recomendado para o projeto integral, na tabela seguinte são apresentadas algumas características essenciais para que o servidor IPBX seja de alto desempenho e não comprometa a eficiência das comunicações a realizar. Estas são apenas alguns exemplos das possíveis características de um servidor IPBX com suporte até 1000 extensões. No entanto o servidor do IPBX utilizado pela CMC pode ter outras especificações.

<b>Processador</b>	<b>Xeon Dual-Core 3Ghz</b>
<b>Memória</b>	4 GB RAM
<b>Disco rígido</b>	2x 500GB HD Raid 1
<b>Interface de rede</b>	Gigabit Ethernet
<b>Fontes de Alimentação</b>	Fontes de Alimentação Redundantes

Tabela 3 – características de um servidor IPBX de alto desempenho com suporte até 1000 extensões [15]

#### 4.2.4.2 IPBX Software

No projeto VoIP@RCTS de forma a terem um sistema com elevados níveis de desempenho, flexibilidade, escalabilidade, interoperabilidade e segurança (suporte a TLS) foi necessário integrar os *softwares* Asterisk com o OpenSips numa mesma máquina. Assim é possível combinar as funcionalidades de um SIP Proxy que permite o registo de terminais SIP e também o reencaminhamento do tráfego das sessões SIP para os Media Gateways, SBC (*Session Border Controller*) e telefones IP. O Asterisk, como já foi referenciado ao longo do documento, permite desempenhar as funcionalidades de uma central telefónica convencional. A figura 13 ilustra um cenário incorreto e um correto que foi utilizado na implementação de um IPBX no projeto de comunicações VoIP@RCTS. [18]

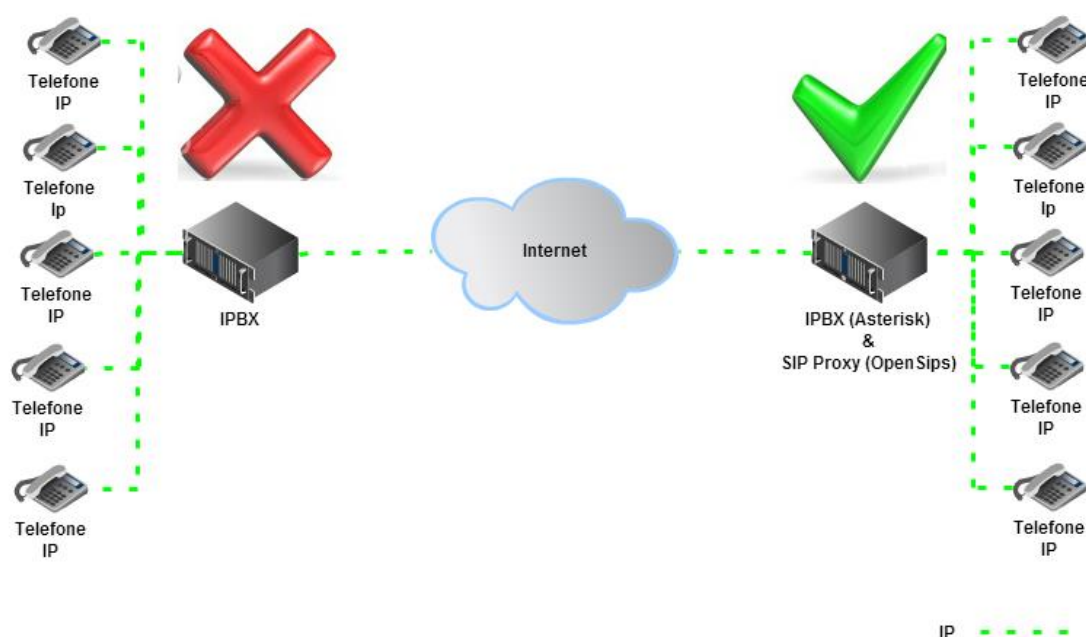


Figura 13 – Asterisk combinado com SIP Proxy [27]

Apesar de ter sido várias vezes referenciado neste documento o projeto VoIP@RCTS é um projeto totalmente diferente do que se pretende para o projeto de comunicações VoIP para a CMC. Hoje em dia existem outras alternativas no mercado de comunicações que permitem a criação de sistemas de comunicações diferentes que conseguem integrar todas estas funcionalidades utilizando outro tipo de plataformas. Existem empresas que optaram por desenvolverem os seus próprios sistemas de comunicações VoIP usando o *software* FreeSwitch pois pretendiam seguir um rumo diferente no desenvolvimento das suas plataformas que o Asterisk não permitia. Apesar do Asterisk ainda ser o sistema *open source* preferencial para os sistemas de comunicações VoIP também o FreeSwitch se tem afirmado com uma solução viável.

Inclusive, existem empresas nacionais que desenvolveram as suas plataformas de forma a integrar os IPBXs na Cloud para que a gestão dos servidores de comunicações VoIP pudessem ser geridas como um serviço para as empresas e não como mais um sistema que

necessita de gestão por parte dos administradores de redes informáticas dessas mesmas empresas. A CMC não pretende utilizar a Cloud para o seu sistema de comunicações, no entanto a mesma plataforma que pode ser implementada na Cloud também pode ser instalada nas instalações da CMC, tal como é pretendido para este projeto.

#### 4.2.5 SBC – Session Border Controller

Este tipo de equipamentos tem como principais funções servir de Firewall ao nível da aplicação, realizar o transcoding, NAT, IPSec, TLS, SRTP e ainda suporte a VPN. Para além deste tipo de funcionalidades podem também funcionar como controlo das chamadas telefónicas, accounting e ainda funcionalidades de QoS.

A existência de um SBC numa arquitetura de comunicações VoIP é bastante importante de forma a garantir a segurança imprescindível para este tipo de sistema de comunicações. A figura seguinte representa o enquadramento de um SBC na arquitetura de comunicações VoIP pretendida para a CMC. Apesar de na figura o equipamento SBC estar representado como uma máquina distinta do IPBX, as funcionalidades do SBC podem ser integradas no equipamento do servidor IPBX. [8][19]

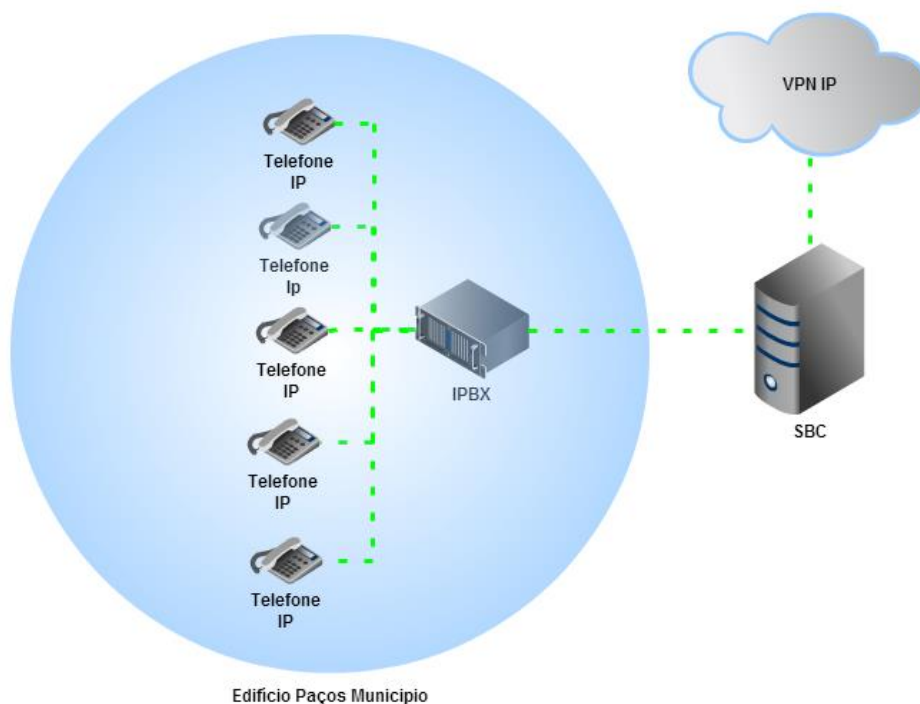


Figura 14 – Arquitetura genérica de um SBC integrado num sistema de comunicações VoIP [15] [28]

#### 4.2.5.1 SBC Software

Pelo que foi possível adquirir dos conhecimentos técnicos e tecnológicos utilizados no projeto VoIP@RCTS o qual foi considerado com um dos maiores projetos de comunicação VoIP a nível Nacional e Europeu o autor sugere a possível aquisição de um sistema SBC Acme-Packet. Este SBC é também utilizado por algumas empresas nacionais, nomeadamente as empresas envolvidas no projeto VoIP@RCTS, onde através deste sistema podem utilizar como *firewall* aplicacional protegendo a rede de comunicações VoIP de potenciais ataques.

Apesar desta referência a este *software* existem plataformas de algumas empresas que foram consultadas que tem as mesmas funcionalidades integradas na sua plataforma, sem que seja necessário a aquisição isolada deste tipo de equipamento. [8]

#### 4.2.6 Sistema de Accounting & Billing

Estes tipos de sistemas são bastante úteis pois oferecem um sistema de *Accounting & Billing*<sup>4</sup> e relatórios de QoS<sup>5</sup>. Sistema que utiliza os ficheiros CDR<sup>6</sup> nos quais são guardados toda a informação referente às chamadas realizadas nos dispositivos VoIP.

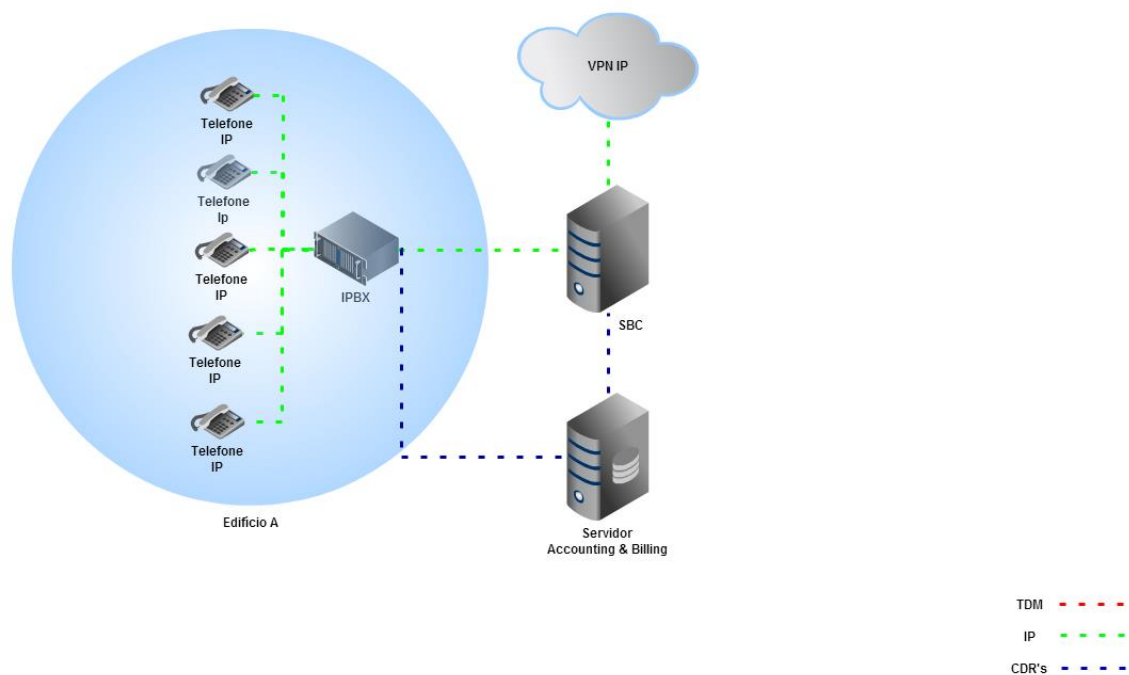


Figura 15 – Integração de um sistema Accounting & Billing na arquitetura de comunicações VoIP [15] [28]

Tal como o SBC também este sistema pode ser integrado no IPBX, na figura 15 é apresentado como um servidor *Accounting & Billing* numa máquina isolada para que a sua representação seja mais explícita. No entanto para o projeto de comunicações VoIP da CMC apenas poderá ser necessário que a plataforma pretendida ofereça as funcionalidades de

<sup>4</sup> Accounting & Billing – Controlo de custos e possível comparação com a faturação dos Operadores

<sup>5</sup> Relatórios de QoS – Verificação do QoS das chamadas realizadas, ou seja a qualidade das chamadas

<sup>6</sup> CDR – Call Detail Record



*Accounting & Billing* no formato de ficheiros CDR para um melhor controlo e gestão por parte dos administradores de redes da DSI<sup>7</sup> da CMC. [20][21]

#### 4.2.7 ATA Hardware e Adpatadores GSM

Para que seja possível a interligação de telefones analógicos ou de equipamentos fax poderá ser necessário a aquisição de equipamentos ATA<sup>8</sup>. Como exemplo, são apresentados os equipamentos Linksys Spa 3102. Para além destas funcionalidades estes equipamentos também podem ser utilizados para interligar um IPBX ou Media Gateway com a rede PSTN. O equipamento Linksys Spa 3102 foi um dos equipamentos utilizados no decorrer deste estágio, sendo a sua aquisição essencial para a implementação do projeto-piloto. O outro equipamento utilizado na implementação do projeto-piloto foi o gateway Topex Mobilink IP que possibilita a interligação do IPBX ou Media Gateway com a rede GSM através da inserção de um cartão de telemóvel. [22] [23]



Figura 17 – Topex Mobilink IP [23]



Figura 16 – Linksys Spa 3102 [22]

### 4.3 Tecnologias e Protocolos

O protocolo escolhido para as comunicações VoIP deste projeto foi o protocolo SIP, pois este é o protocolo *standard* das comunicações VoIP. Informação mais pormenorizada pode ser consultada na secção Protocolos do Capítulo 2 Estado da Arte.

#### 4.3.1 ENUM (Telephone Number Mapping)

ENUM é um conjunto de protocolos para unificar o sistema de endereçamento telefónico (E.164) com o sistema de endereçamento da Internet. Para a tradução de números E.164 para endereços IP (*URI*) é utilizado o DNS<sup>9</sup>, permitindo assim a interligação de sistemas de telefonia tradicionais com comunicações IP. [8] [24]

#### 4.3.2 Codecs

De forma a garantir que não ocorrem congestionamentos no desempenho da rede usada pela instituição é necessário que todos os equipamentos a adquirir para este projeto sejam compatíveis com os codecs G.711 e G.729 (já anteriormente referidos neste

<sup>7</sup> DSI – Divisão Sistemas de Informação

<sup>8</sup> ATA – Analogue Telephone Adapter

<sup>9</sup> DNS – Domain Name System

documento). Mas devido à necessidade de licenciamento para o codec G.729, este poderá ser preterido em favor do G.711. No entanto para otimização dos recursos da rede IP a utilização do codec G.729 (requisitos de banda larga inferiores ao G.711) poderá ser a melhor solução para o projeto global de comunicações VoIP para a CMC. [2] [8]

### 4.3.3 DNS

Este tipo de serviço permite a tradução de nomes para endereços IP e vice-versa, funcionalidade bastante útil que permite a localização de hosts num determinado domínio. Através deste serviço é possível que os telefones IP se registem num determinado IPBX pelo host e não apenas pelo IP do servidor IPBX. Característica bastante útil para o projeto-piloto deste estágio, onde a sua utilização será explicada com melhor detalhe ao longo do Capítulo

7

Implementação do Projeto-Piloto e análises posteriores.

## 4.4 Conclusões

A proposta de arquitetura apresentada neste capítulo foi definida após o estudo da tecnologia e pesquisa de mercado para a nova plataforma de comunicações VoIP. O estudo que levou à definição desta arquitetura teve em conta vários cenários de utilização real em instituições, nomeadamente a arquitetura do projeto VoIP@RCTS. No entanto estes dois projetos são totalmente diferentes, com repercussões nas suas arquiteturas.

Através desta proposta será possível alcançar os seguintes objetivos:

- Baixo valor de investimento;
- Redução de custos de comunicações;
- Aumento da flexibilidade de comunicações internas (todos os telefones, de todos os edifícios, interligados numa solução única);
- Aumento da flexibilidade e deslocalização de telefonistas;
- Aumento da capacidade negocial e independência dos operadores de telecomunicações;
- Aumento da capacidade de gestão e manutenção das comunicações.

Esta arquitetura apesar de simplista é a arquitetura ideal para o Município que pretende com a aquisição desta nova plataforma oferecer melhores condições de trabalho para os seus funcionários e também poder reduzir os custos de comunicação atuais. Documentação posterior relativa à aquisição desta plataforma e da arquitetura deste projeto pode ser consultada no Anexo G.

## Capítulo 5

### Estudo Financeiro

O presente capítulo pretende avaliar os custos de comunicações de voz que atualmente existem na CMC, assim como avaliar os custos de aquisição da nova plataforma de comunicações e equipamentos necessários para a realização do novo tipo de comunicações de voz. Após esta análise de custos será também apresentado o tempo de retorno do investimento bem como os valores de poupanças associadas a nova plataforma de comunicações VoIP que se pretende adquirir.

#### 5.1 Análise de custos globais atuais e previsão de custos no futuro

Os custos globais atuais foram calculados através da análise realizada aos documentos relativos ao perfil de tráfego intra-conta<sup>10</sup> das comunicações da CMC e da documentação relativa aos custos mensais de comunicações existentes atualmente (custos mensais relativos a acessos e alugueres das linhas telefónicas). Esta análise pode ser visualizada nas tabelas 4 e 5 assim como na folha de cálculo desenvolvida para este estudo que se encontra em anexo.

Nº Edifícios Analisados	Custos Mensais Fixos Atuais (6 meses)	Consumo Faturado (6 meses)	Duração (segundos)	Total de chamadas	Total (6 meses)
<b>43</b>	16.497,38 €	2.258,92 €	5.960.861	28.871	18.756,30 €

Tabela 4 – Cenário Atual

Este cenário atual apresentado na tabela 4 foi calculado para 6 meses pois esse foi o período de tempo disponibilizado no documento relativo ao perfil de tráfego intra-conta, pois apenas este tipo de tráfego foi disponibilizado para a realização deste estudo. Os custos de comunicações relativos às comunicações móveis e comunicações realizadas para o exterior não foram disponibilizadas mas estes não são importantes para este estudo pois o principal objetivo era reduzir os custos de comunicações internas. No entanto, prevê-se também uma possível redução dos custos de comunicações com o exterior, uma vez que, atualmente são utilizadas inúmeras linhas de acesso cujo tarifário há muito não é renegociado, com custos elevados para a atualidade, e que poderão ser canceladas após implementação do presente projeto, concentrando a maioria das comunicações num único local, com tarifário a negociar oportunamente.

<sup>10</sup> Intra-conta – referência aos custos das comunicações de voz entre os diferentes edifícios da CMC

Importante realçar que o valor dos custos mensais fixos atuais refere-se aos custos mensais atuais relativos aos acessos básicos e primários existentes em cada um dos edifícios, bem como das mensalidades fixas das linhas telefónicas (analógicas). Através da análise da tabela 4 é notório que os custos mensais fixos são muito mais elevados que os custos de consumos.

Estes valores são justificados pelo contrato de comunicações existente entre a operadora de telecomunicações e a CMC, prevendo-se que no futuro o valor total de custos de comunicações tenha uma redução substancial, tal como é possível verificar através dos valores apresentados na tabela 5.

Na tabela 5 é possível visualizar as poupanças de custos associadas a 6 meses para o novo cenário de comunicações. Estes valores permitem justificar os benefícios económicos que se podem alcançar com a implementação de uma nova plataforma de comunicações VoIP. Representa uma redução de custos na ordem dos 76%, no entanto este novo cenário aqui apresentado foi determinado na eventualidade de uma implementação total numa única fase, situação que não será possível para este projeto.

Nº Edifícios Analisados	Novo Total (6 meses)	Diferença (Poupanças)	Redução de Custos (%)
<b>43</b>	4.429,12 €	14.327,19 €	76%

Tabela 5 – Novo Cenário

## 5.2 Investimento Necessário

Para que a migração para um sistema de comunicações VoIP seja possível será sempre necessário um investimento inicial avultado, no entanto este investimento pode ser uma mais-valia para as futuras comunicações que se pretendem implementar. A tabela seguinte pretende ilustrar o investimento necessário para os 43 edifícios analisados tendo em conta o número de extensões atuais e as possíveis necessidades de aquisição de equipamentos de *Switching* para cada local.

Os valores médios de *Switching* foram calculados da seguinte forma,  $Switching = n * 10€$ , sendo que  $n$  representa o número de extensões e  $10€$  o valor por cada porta do Switch correspondente à extensão.

Nº Edifícios Analisados	Nº Extensões existentes	Telefones IP e ATAs	Switching
<b>43</b>	842	50.142,76 €	8.360,00 €

Tabela 6 – Investimento Necessário

Os cálculos realizados para este estudo financeiro têm como base os preços da tabela 7 e a sua distribuição por edifício tal como está representado nessa mesma tabela. De referir que todos estes valores aqui apresentados são valores sem iva e ainda sem a realização de uma análise detalhada do tipo de telefones necessário para cada edifício. As características relativas a cada um destes tipos de telefones podem ser consultadas no Anexo G.

Tipo de Telefones	Preço unitário	Percentagem de telefones por Edifício
Telefones Entrada de Gama	54,00 €	90%
Telefones Média Gama	80,00 €	10%
Telefones Topo Gama	180,00 €	0%
Telefones Telefonista	120,00 €	1

Tabela 7 – Tipos de telefone IP

O investimento para a implementação das comunicações VoIP para a CMC não contempla custos relativos a cablagem IP, pois a maioria dos edifícios já se encontram com cablagem estruturada para os diferentes postos de trabalho, sendo que cada posto de trabalho tem uma tomada de rede IP associada. Caso seja necessário é possível utilizar a mesma tomada de rede tanto para os telefones VoIP como para os computadores, tal como está representado na Figura 18, ligando o computador à porta PC do telefone VoIP. [25]

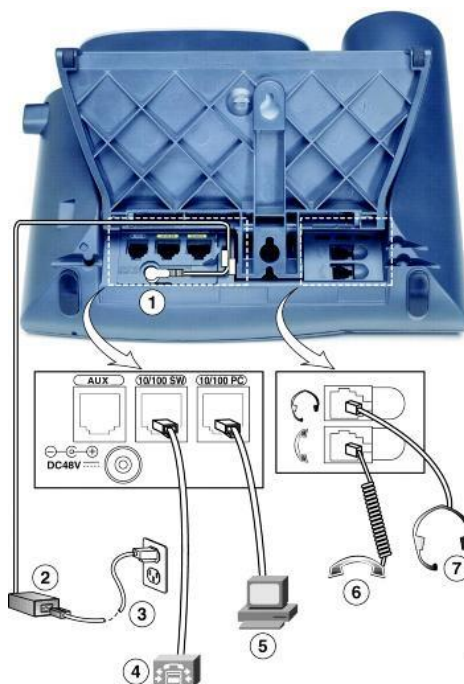


Figura 18 - Esquema de ligação de um telefone VoIP [25]

### 5.3 Vantagens e Retorno do Investimento

Os valores da tabela 8 representam a análise realizada aos 43 edifícios que neste momento representam encargos para a instituição. No entanto apenas 29 desses farão parte do projeto de migração para comunicações VoIP. Os custos de manutenção foram obtidos através da consulta já realizada a uma empresa que pode ser uma possibilidade para a aquisição da plataforma de comunicações VoIP.

	6 Meses	1 Ano	5 Anos
<b>Custos atuais</b>	18.756,30 €	37.512,61 €	187.563,03 €
<b>Custos VoIP Global</b>	4.429,12 €	8.858,23 €	44.291,17 €
<b>Custos de Manutenção futura</b>	1.250,00 €	2.500,00 €	12.500,00 €
<b>Diferença (Poupança)</b>	13.077,19 €	26.154,37 €	130.771,86 €

Tabela 8 – Avaliação dos custos atuais e custos futuros globais

**Investimento total: 88.502,76 €**

**Tempo ROI: 3,38 anos**

O valor do investimento total contempla os telefones IP e equipamentos de Switching que serão necessários adquirir, bem como o valor da aquisição da plataforma de comunicações VoIP. Todos estes cálculos podem ser consultados na folha de cálculo que se encontra em anexo. O valor da plataforma foi obtido através de uma consulta a uma das empresas que pode ser uma das possibilidades para a implementação deste projeto.

### 5.4 Investimento no edifício PSP

Depois de avaliado o projeto global (custos atuais e investimento necessário) é importante analisar também a instalação de telefones VoIP apenas no edifício ex PSP que necessita de uma intervenção mais urgente pois a central telefónica nestas instalações necessita de ser substituída. Para além da necessidade de substituir a central telefónica existe também a limitação das comunicações com este edifício dependerem da presença de uma telefonista que possa atender as chamadas, situação que causa ainda mais limitações de comunicações fora das horas de expediente.

	<b>6 Meses</b>	<b>1 Ano</b>	<b>5 Anos</b>
<b>Custos atuais</b>	867,74 €	1.735,48 €	8.677,40 €
<b>Custos Telefonista</b>	3.500,00 €	7.000,00 €	35.000,00 €
<b>Custos VoIP ex PSP</b>	- €	- €	- €
<b>Custos de Manutenção futura</b>	1.250,00 €	2.500,00 €	12.500,00 €
<b>Diferença (Poupanças)</b>	3.117,74 €	6.235,48 €	31.177,40 €

Tabela 9 – Avaliação dos custos atuais e custos futuros para o ex edifício da PSP

**Investimento ex PSP: 31.890,03 €**

**Tempo ROI: 5,11 anos**

Para além dos valores financeiros aqui apresentados que comprovam a redução dos custos de comunicações e o tempo de retorno do investimento ser baixo existem outras vantagens associadas a este projeto, nomeadamente as novas funcionalidades que a nova plataforma de comunicações possibilita. A nova plataforma de comunicações possibilita também a comunicação permanente entre edifícios sem as limitações dos horários de serviço dos telefonistas.

Este estudo financeiro global não contempla ainda a poupança dos encargos relativos às telefonistas que podem significar uma diminuição significativa de custos e também permitirá reduzir significativamente o tempo de ROI. Com a nova plataforma de comunicações deixa de ser necessário a presença de uma telefonista que possa encaminhar as chamadas recebidas num determinado edifício.

Existe também a possibilidade de durante a fase de implementação, as centrais telefónicas de determinados edifícios possam ser deslocadas para outros edifícios que necessitem no imediato da substituição destes equipamentos.

## 5.5 Conclusão

Este estudo de financeiro apenas contempla os custos de comunicações intra-conta da CMC e os custos mensais de comunicações associados aos 43 edifícios analisados. Para além destes custos relativos aos investimentos aqui referenciados será também necessário recolher informação mais detalhada sobre a cablagem existente em cada um dos edifícios bem como dos equipamentos de *Switching* desses mesmos edifícios. Esta informação não foi incluída neste estudo com melhor detalhe pois a mesma encontra-se na divisão de eletricidade da CMC pois era esta divisão a responsável pelas comunicações atuais.

A folha de cálculo também permite calcular o valor de custos e o valor de investimento associados a cada um dos edifícios. Ou seja é possível escolher quais os edifícios que se pretende implementar as comunicações VoIP, sendo depois apresentados os cálculos do investimento relativos a esses mesmos edifícios e as poupanças associadas.

## Capítulo 6

# Planeamento do Projeto de Comunicações VoIP da CMC

A definição do planeamento do projeto de migração para comunicações VoIP apresentada neste capítulo foi elaborada para que o investimento necessário para este projeto seja realizado de forma faseada sobre todos os edifícios a intervir. Foram assim analisados todos os edifícios da CMC, para assim identificar os equipamentos necessários para cada edifício e também os custos associados a estes edifícios. Para além dos custos associados a estes equipamentos, são também apresentados as poupanças<sup>11</sup> associadas a estes edifícios depois da implementação do projeto.

Após a realização do estudo financeiro associado a este projeto, foi possível determinar o investimento necessário para cada um dos edifícios bem como o tempo de retorno do investimento e poupanças associadas ao novo sistema de comunicações VoIP.

### 6.1 Cenário atual

A Figura 41 que se encontra no Anexo de Figuras representa o cenário atual de cada edifício incluído no presente estudo, designadamente:

- Local;
- Descrição;
- PBX existente;
- Tipo de linha;
- N.º de canais de acesso ao exterior;
- N.º de extensões telefónicas existentes;
- Custos totais atuais por 6 meses<sup>12</sup>;
- Custos totais futuros por 6 meses;
- Poupanças;
- Investimento de Telefones IP e equipamentos de Switching.

Para a elaboração do presente estudo, partiu-se dos seguintes pressupostos:

1. Todos os locais dispõem de cablagem estruturada e ligação à VPN do Município;
2. A mesma tomada de rede poderá ser utilizada para um computador e telefone VoIP;
3. 90% dos telefones VoIP são de gama baixa;
4. 10% dos telefones VoIP são de gama média;

---

<sup>11</sup> Redução de custos face aos valores atuais

<sup>12</sup> Dados fornecidos pela PT, para o período entre setembro de 2012 e fevereiro de 2013



5. Em cada edifício, que se justifique, é considerado um telefone de telefonista.

## 6.2 Planeamento Faseado

As tabelas seguintes pretendem resumir as análises realizadas na folha de cálculo em anexo. Nestas tabelas são identificados os edifícios de cada fase da implementação do Projeto. Foram assim definidas 2 fases de implementação do Projeto, sendo estas separadas por um período de 12 meses. Na Tabela 12 é apresentada a redução de custos associados a essas diferentes fases, para assim ser possível avaliar as poupanças ao longo da implementação do Projeto e períodos posteriores.

### 6.2.1 Fase 1

A fase 1 representa a aquisição da nova plataforma de Comunicações VoIP que será instalada no edifício Paços do Município (IPBX). Esta nova plataforma será interligada com o PBX atual através de dois acessos PRI que podem assim encaminhar as chamadas correspondentes às extensões dos edifícios Paços do Município, Dogim e Casa da Cultura. Esta opção pretende assim diminuir o impacto financeiro da aquisição do número elevado de telefones SIP que seriam necessários para estes 3 edifícios.

Complementarmente à instalação do IPBX nos Paços Município, serão também instalados no ex edifício da PSP 26 telefones SIP e 1 ATA para ligar um fax à nova plataforma VoIP da CMC. A escolha deste edifício para a instalação dos telefones SIP torna-se bastante importante devido às limitações de comunicações que este representa atualmente e pela necessidade de substituição do PBX existente neste mesmo edifício.

Para que esta primeira fase possa também intervir sobre outros edifícios de forma a rentabilizar o investimento na plataforma, foram escolhidos os edifícios com número de extensões mais reduzidas (entre 1 a 7 extensões). Desta forma é possível equilibrar a despesa por duas fases distintas e também fazer a instalação dos equipamentos nos edifícios da CMC de uma forma mais equitativa e sustentável. Na tabela 10 é possível observar o valor de investimento relativo a cada edifício e as poupanças associadas a 12 meses para cada um desses edifícios.

<b>Fase 1</b>				
<b>ID Edifícios</b>	<b>Edifícios</b>	<b>Equipamentos a Instalar</b>	<b>Valor do Investimento</b>	<b>Poupanças associadas a 12 meses</b>
<b>1</b>	PAÇOS MUNICÍPIO	IPBX	30 000,00 €	
<b>2</b>	DOGIM	Ligado ao IPBX (1 PRI)		
<b>3</b>	CASA CULTURA	Ligado ao IPBX (1 PRI)		

<b>12</b>	ex edifício PSP	26 telefones SIP + 1 ATA (Fax) + 27 portas Switching	1 890,03 €	1 677,61 €
<b>8</b>	TORRE ALMEDINA	6 telefones SIP + 6 portas Switching	519,60 €	408,33 €
<b>10</b>	CANIL	4 telefones SIP + 4 portas Switching	386,40 €	451,38 €
<b>13</b>	CMAS	7 telefones SIP + 7 portas Switching	583,60 €	889,35 €
<b>14</b>	PARQUE NÓMADA	2 telefones SIP + 2 portas Switching	128,00 €	475,39 €
<b>16</b>	AERÓDROMO	4 telefones SIP + 1 ATA (Fax) 4 portas Switching	430,03 €	553,79 €
<b>23</b>	CASA MIGUEL TORGA	1 telefone SIP + 1 porta Switching	64,00 €	225,87 €
<b>24</b>	ARMAZÉM DA PEDRULHA	4 telefones SIP + 4 portas Switching	388,00 €	440,01 €
<b>25</b>	PARQUE MÁQUINAS	4 telefones SIP + 4 portas Switching	386,40 €	467,12 €
<b>27</b>	ESTALEIRO DE EIRAS	4 telefones SIP + 4 portas Switching	386,40 €	187,08 €
<b>38</b>	TURISMO - PORTAGEM	1 telefone SIP + 1 porta Switching	64,00 €	207,72 €
<b>40</b>	DC - Galeria Louzã Henriques - Largo da Portagem	1 telefone SIP + 1 porta Switching	64,00 €	210,27 €
<b>TOTAL</b>			<b>35 290,46 €</b>	<b>6 193,93 €</b>

Tabela 10 – Fase 1

### 6.2.2 Fase 2

Na fase 2 foram escolhidos os edifícios que têm entre 8 a 255 extensões, podendo assim observar-se o valor de investimento necessário para cada edifício de acordo com os valores dos equipamentos que já tinham sido definidos anteriormente, assim como as poupanças associadas a estes edifícios.

Esta segunda fase deverá iniciar-se 1 ano depois do início da fase 1 e com a conclusão desta segunda fase, todos os edifícios do Município que estejam ligados na rede

de Comunicações da CMC estarão totalmente equipados com tecnologia VoIP. As poupanças associadas a estes edifícios podem também ser observadas na tabela 11, bem como o valor do investimento para cada um dos edifícios a intervir.

<b>Fase 2</b>				
<b>ID Edifícios</b>	<b>Edifícios</b>	<b>Equipamentos a Instalar</b>	<b>Valor do Investimento</b>	<b>Poupanças associadas a 12 meses</b>
<b>7</b>	CHIADO	10 telefones SIP + 10 portas Switching	786,00 €	555,60 €
<b>9</b>	ALGAR	20 telefones SIP + 1 ATA (Fax) + 21 portas Switching	1 495,63 €	1 227,28 €
<b>11</b>	HORTO BOLÃO	14 telefones SIP + 14 portas Switching	1 052,40 €	443,85 €
<b>17</b>	MERCADO	8 telefones SIP + 8 portas Switching	652,80 €	438,34 €
<b>18</b>	POLICIA MUNICIPAL	16 telefones SIP + 16 portas Switching	1 185,60 €	545,68 €
<b>20</b>	PISCINA R. ABREU	16 telefones SIP + 16 portas Switching	1 185,60 €	446,55 €
<b>21</b>	PISCINA L. LOPES	16 telefones SIP + 16 portas Switching	1 185,60 €	798,14 €
<b>22</b>	SÉRGIO CONCEIÇÃO	8 telefones SIP + 8 portas Switching	652,80 €	517,16 €
<b>26</b>	JULGADOS DE PAZ	12 telefones SIP + 12 portas Switching	919,20 €	780,13 €
<b>28</b>	Casa da Escrita	8 telefones SIP + 8 portas Switching	652,80 €	1 021,46 €
<b>4</b>	ALMEDINA	45 telefones SIP + 1 ATA (Fax) + 46 portas Switching	3 160,63 €	1 768,71 €
<b>5</b>	GTL	24 telefones SIP + 24 portas Switching	1 718,40 €	483,07 €
<b>6</b>	HABITAÇÃO	40 telefones SIP + 40 portas Switching	2 784,00 €	1 779,85 €

<b>15</b>	SAPADORES	49 telefones SIP + 49 portas Switching	3 383,40 €	1 395,85 €
<b>1</b>	PAÇOS MUNICÍPIO	255 telefones SIP + 4 ATA (Fax) + 259 portas Switching	17 277,52 €	4 492,75 €
<b>2</b>	DOGIM	96 telefones SIP + 3 ATA (Fax) + 99 portas Switching	6 644,49 €	2 265,60 €
<b>3</b>	CASA CULTURA	59 telefones SIP + 1 ATA (Fax) + 60 portas Switching	4 093,03 €	2 015,89 €
<b>19</b>	COMPLEXO SOLUM	64 telefones SIP + 64 portas switching	4 382,40 €	1 484,53 €
		<b>TOTAL</b>	<b>53 212,30 €</b>	<b>22 460,44 €</b>

Tabela 11 – Fase 2

### 6.3 Poupanças associadas às diferentes fases do Projeto

A tabela seguinte pretende ilustrar as poupanças que serão alcançadas ao longo das diferentes fases do projeto. Estas poupanças foram determinadas para períodos de 12 em 12 meses, desde o início da fase 1 até 5 anos posteriores.

<b>Data após o início do Projeto</b>	<b>Fase 1</b>	<b>Fase 2</b>	<b>Soma Poupanças</b>
<b>1 Ano</b>	6 193,93 €		6 193,93 €
<b>2 Anos</b>	12 387,87 €	22 460,44 €	34 848,31 €
<b>3 Anos</b>	18 581,80 €	44 920,88 €	63 502,68 €
<b>4 Anos</b>	24 775,74 €	67 381,31 €	92 157,05 €
<b>5 Anos</b>	30 969,67 €	89 841,75 €	120 811,42 €

Tabela 12 – Poupanças de 1 a 5 anos

A tabela 13 pretende ilustrar de uma forma mais clarificativa os valores dos investimentos e as poupanças anuais das diferentes fases do projeto de comunicações VoIP para a CMC.

Fase 1			Fase 2		
Investimento VoIP	Poupanças Anuais	Porcentagem	Investimento VoIP	Poupanças Anuais	Porcentagem
35 290,46 €	6 193,93 €	18%	53 212,30 €	22 460,44 €	42%

Tabela 13 – Investimento vs Poupanças

A redução de custos apresentada na tabela 14 varia entre os 17% um ano depois do início da implementação até os 64% no quinto ano após o início da implementação do projeto de comunicações VoIP. Esta análise foi realizada após a definição da implementação em duas fases distintas o que representa uma redução de custos inicial não muito elevada. No entanto é possível verificar que dois anos após o início da implementação do projeto a referida redução de custos já será de 46%, sendo que ao longo dos anos este valor terá tendência para aumentar.

Data	Poupanças	Manter Situação Atual	Redução de Custos (%)
1 Ano	6 193,93 €	37 512,61 €	17%
2 Anos	34 848,31 €	75 025,21 €	46%
3 Anos	63 502,68 €	112 537,82 €	56%
4 Anos	92 157,05 €	150 050,42 €	61%
5 Anos	120 811,42 €	187 563,03 €	64%

Tabela 14 – Poupanças vs Manter Situação Atual (Investimento em duas fases distintas)

Na tabela 15 é possível observar que a redução de custos caso o projeto de comunicações VoIP fosse implementado totalmente numa única fase seria de 76%, no entanto o investimento necessário para essa operação também seria muito superior.

Data	Manter Situação Atual	Poupanças	Redução de Custos (%)
1 Ano	37 512,61 €	28 654,37 €	76%
2 Anos	75 025,21 €	57 308,74 €	76%
3 Anos	112 537,82 €	85 963,12 €	76%
4 Anos	150 050,42 €	114 617,49 €	76%
5 Anos	187 563,03 €	143 271,86 €	76%

Tabela 15 – Manter Situação Atual vs Poupanças (Investimento Total Imediato)

## 6.4 Conclusões

Depois de avaliadas e definidas as diferentes fases da implementação do Projeto de Comunicações VoIP, foram calculados os valores do investimento que será necessário para a aquisição dos equipamentos. Para além desses, foram também calculados os valores das poupanças associadas aos custos de comunicações que serão alcançadas ao longo da implementação do projeto e meses posteriores. O gráfico da página seguinte pretende ilustrar os diferentes valores de investimento e poupanças inerentes ao projeto de comunicações VoIP.

Analisando o Gráfico 1 é possível verificar que o investimento deste projeto estabiliza no 1º ano após o início da implementação do projeto. Esta será a data prevista para a segunda fase de implementação do projeto. Depois desta fase apenas são contabilizados 2.250 € anuais de custos de manutenção da plataforma.

Também é possível verificar que cerca de quatro anos e meio após o início da Fase 1 o valor das poupanças de comunicações associadas aos edifícios que fazem parte do Projeto VoIP, já ultrapassará o valor do investimento (manutenção incluída) necessário para este projeto.

De realçar ainda que após dois anos e meio os valores dos custos de comunicações atuais serão superiores aos valores do Investimento total necessário para a implementação do projeto de comunicações VoIP, sem a resolução dos atuais impedimentos existentes no edifício ex-PSP e outros.

### Investimento / Poupanças

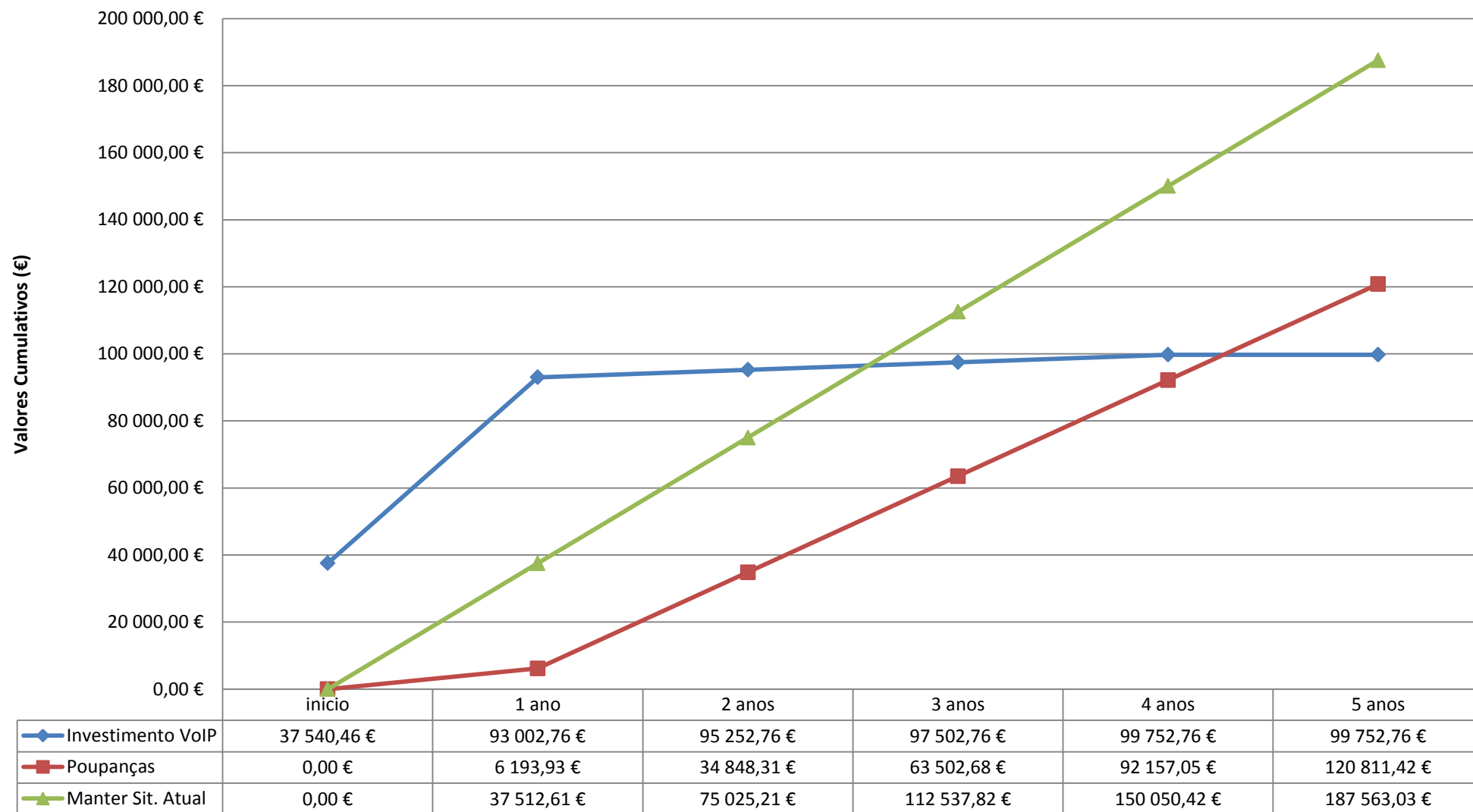


Gráfico 1 – Investimento / Poupanças

## Capítulo 7

### Implementação do Projeto-Piloto e análises posteriores

Para complementar o trabalho realizado pelo estagiário durante este segundo semestre foi decidido que o projeto piloto para além de ser uma implementação de um IPBX que pudesse avaliar as funcionalidades do mesmo, seriam também criados dois Media Gateway Backup diferentes. Media Gateway que possa assim garantir a realização das comunicações internas dentro de um edifício e ao mesmo tempo garantir a comunicação para o exterior, especialmente em situações de emergência (serviços de 112, 115, 117).

A figura 19 representa o cenário da arquitetura geral de comunicações VoIP para a CMC, onde os vários edifícios estão ligados ao IPBX localizado no edifício Paços do Município através da rede VPN IP. Para que seja possível estabelecer comunicações de emergência de uma forma auxiliar às comunicações VoIP da CMC, será necessário adquirir equipamentos que permitam a ligação externa para efetuar chamadas de voz. Equipamentos estes que ligados a uma Media Gateway (Asterisk) irão permitir que os edifícios onde estejam instalados estes equipamentos possam realizar chamadas de emergência caso a ligação ao edifício Paços do Município não esteja acessível (local onde será instalado o IPBX da CMC).

Esta integração da nova plataforma de comunicações da CMC com estas Media Gateways Backup<sup>13</sup> implementadas pelo estagiário, serão uma mais valia para as futuras comunicações do município pois permitem que um determinado edifício não fique sem acesso exterior para a realização de comunicações de emergência.

---

<sup>13</sup> Media Gateway Backup – nome atribuído aos equipamentos implementados para o funcionamento do projeto piloto



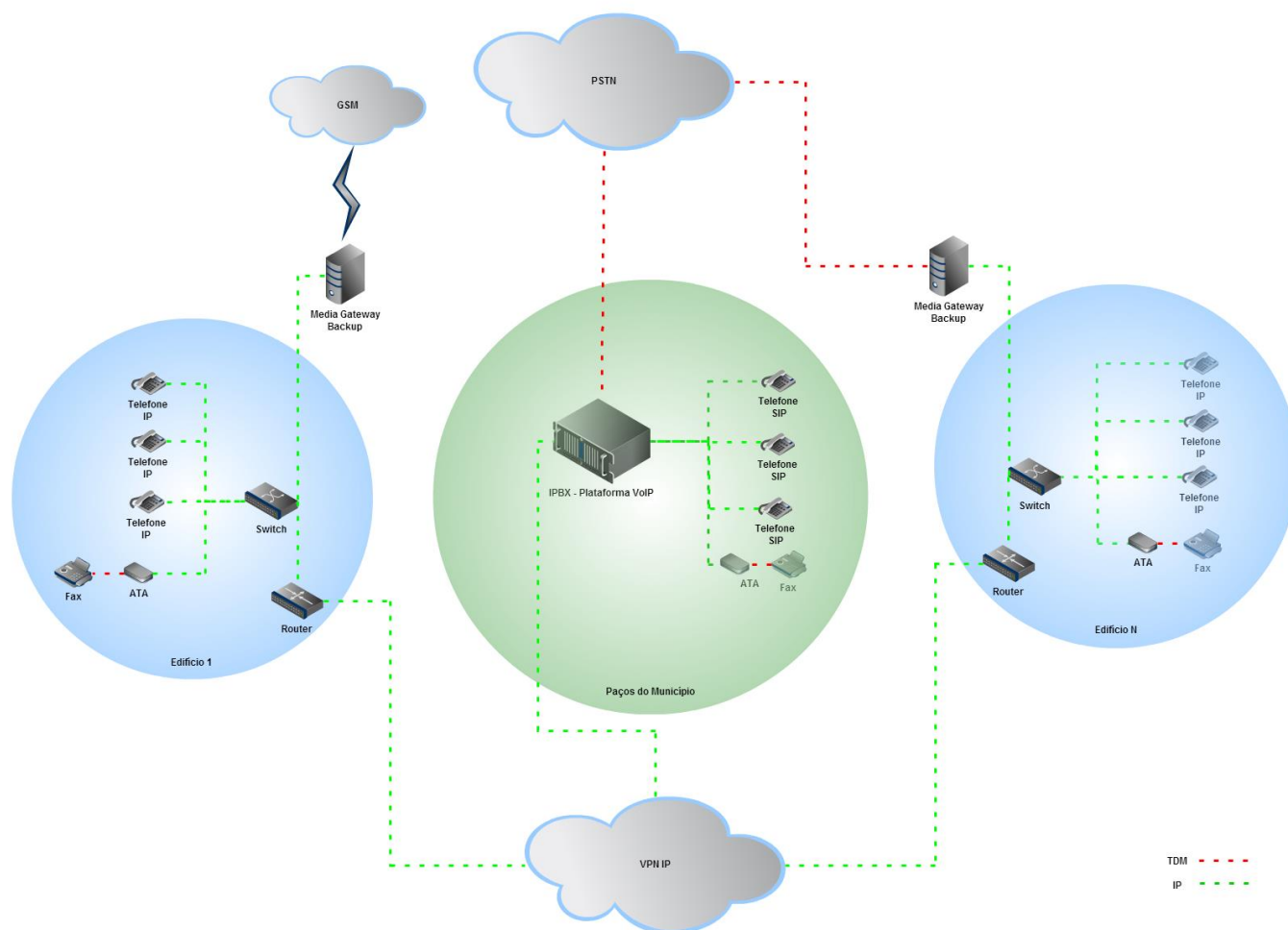


Figura 19 – Arquitetura global das comunicações VoIP da CMC integrada com os Media Gateway Backup

## 7.1 Proposta de solução de reencaminhamento do tráfego SIP entre os dois Servidores IPBX

A proposta de solução de reencaminhamento do tráfego SIP a ser reencaminhado entre os servidores IPBX foi a tarefa mais complicada deste projeto pois a decisão de criar Media Gateways Backup foi definida já durante o decurso deste 2º Semestre. Decisão resultante de reuniões entre o orientador do DEI e o orientador da CMC e o estagiário, que deveria apresentar propostas para este novo desafio.

Depois de analisadas as condicionantes, rapidamente se concluiu que esta solução não seria fácil de implementar. Inicialmente tentou-se procurar uma forma de configurar nos Switches ou Routers o encaminhamento do tráfego SIP entre os servidores IPBX e Media Gateway Backup. Ou seja todas as extensões SIP estão registadas ao IPBX Principal localizado no edifício Paços do Município, apenas em caso de emergência seriam registadas no Media Gateway Backup. As situações de emergência aplicam-se para cenários onde a ligação ao IPBX Principal localizado no Paços do Município. Para que esses edifícios não fiquem sem comunicações para o exterior é então utilizado a Media Gateway Backup, cenário que será explicado com melhor detalhe numa secção posterior.

## 7.2 Media Gateway Backup Software

A escolha do software Asterisk foi decidida aquando do estudo relativo ao Estado da Arte onde o estagiário procurou obter a melhor informação possível sobre as plataformas de VoIP disponíveis no mercado de comunicações. Atribuindo preferência às distribuições *open source* que foram desenvolvidas sobre a plataforma Asterisk, pois esta tem sido a plataforma de maior sucesso nas aplicações de comunicações *open source* para VoIP o estagiário decidiu recorrer a distribuição Elastix e uElastix<sup>14</sup>. [26][27]

Elastix é uma plataforma WEB que consegue integrar todas as funcionalidades de telefonia de um IPBX, funcionalidades que serão bastantes úteis para as futuras comunicações de voz da CMC. Através da implementação deste projeto-piloto foi possível testar todas essas funcionalidades que para além de serem interessantes para este estágio foram também essenciais para definir as funcionalidades pretendidas para a nova plataforma de Comunicações VoIP. Desta forma foi também possível definir quais as funcionalidades pretendidas para a nova plataforma para assim proceder à elaboração do Caderno de Encargos. Caderno de Encargos que também teve a intervenção direta do estagiário. [27][26]

## 7.3 Media Gateway Backup Hardware

Para que a implementação do projeto-piloto pudesse testar convenientemente a arquitetura definida para este projeto foi necessário instalar a plataforma de comunicações VoIP em duas máquinas distintas. De forma a explorar melhor as diferentes capacidades da plataforma Elastix o estagiário decidiu utilizar um computador existente na CMC (Pentium 4) para assim reduzir os custos financeiros para a aquisição de equipamento.

A outra escolha de equipamento recaiu no microcomputador Raspberry PI devido às suas dimensões e custos de aquisição reduzidas (cerca de 50€). Outra das razões para esta escolha deve-se ao facto da plataforma Elastix estar disponível numa versão simplificada especificamente desenvolvida para este tipo de computador. [28]

	<b>IPBX Principal</b>	<b>Media Gateway Backup</b>
<b>Modelo</b>	Intel Pentium 4	Raspberry PI
<b>CPU</b>	2,80 GHz	700 MHz (ARM11family)
<b>Memória RAM</b>	1 GB	512 Mb
<b>Capacidade de Disco</b>	80 GB	8 GB

Tabela 16 – Características dos Servidores utilizados no projeto-piloto

## 7.4 Características dos equipamentos de ligação á PSTN e GSM

Para que seja possível a realização de comunicações de voz para o exterior foi necessário proceder à aquisição de equipamentos específicos para este efeito. Estes tipos de equipamentos já tinham sido referenciados no capítulo Estado da Arte. Os dois

<sup>14</sup> uElastix – versão Elastix compatível com o microcomputador Raspberry PI.

equipamentos escolhidos possibilitam assim que a ligação dos dois servidores IPBX com o exterior para assim cumprir o objetivo desejado para estes dois servidores de Backup (Media Gateways Backup).

Depois de analisados os edifícios pertencentes à CMC foi decidido que nos edifícios onde existam linhas telefônicas analógicas, poderão ser também utilizadas para as ligações à PSTN dos Media Gateway Backup<sup>15</sup>. Linhas analógicas que não podem ser retiradas devido à sua utilização como linhas de emergência para elevadores.

Para além destes equipamentos de ligação à PSTN foram também considerados adaptadores GSM que permitem ligações para o exterior através da rede GSM e que podem ser muito vantajosos por apresentarem preços de aquisição mais reduzidos dispensando também os custos mensais associados a uma linha telefónica analógica.

O primeiro equipamento o Linksys Spa3102 permite a interligação do servidor IPBX com a PSTN. A aquisição deste equipamento teve um custo reduzido e a sua configuração com o Elastix apesar de algumas contrariedades foi realizada sem grandes dificuldades. Este tipo de equipamento pode também ser usado caso seja necessário como um ATA para interligar um fax com a plataforma de comunicações VoIP futura ou ainda para utilizar um telefone analógico como um telefone IP. Mas a principal função deste equipamento será a interligação com a rede PSTN, nos edifícios que tenham obrigatoriamente de manter linhas telefónicas analógicas.

De forma a poder testar também a possibilidade de interligação com a rede GSM foi adquirido um equipamento Topex Mobilink IP, este tipo de equipamento apenas necessita de um cartão SIM ativo. Este tipo de equipamento tem um custo mais elevado que o Linksys Spa3102, no entanto a sua aquisição é justificada de forma a testar o cenário para os edifícios onde se pretenda instalar a Media Gateway Backup que não tenham uma linha telefónica analógica.[29][30]

## 7.5 Implementação e Cenário de Teste

Para testar convenientemente o cenário de implementação do projeto-piloto foi necessário configurar dois servidores IPBX onde um deles seria o IPBX principal e o outro seria o Media Gateway Backup. O IPBX principal foi instalado no Pentium 4 com Elastix e com cerca de 12 extensões associadas para testes e uma ligação para o exterior através da interligação com o Linksys Spa3102 com uma linha analógica existente no edifício Paços do Município.

A Media Gateway Backup foi instalada no microcomputador Raspberry PI com uElastix e com cerca de 3 extensões e uma ligação para o exterior através da interligação com o Topex Mobilink IP associado a um cartão SIM da CMC.

A arquitetura deste cenário pode ser visualizada na Figura 20, onde se pretende descrever a solução que foi possível implementar para este projeto. Para testar este cenário foram utilizados 3 telefones GrandStream BT100 e 8 *softphones* X-Lite instalados nos

---

<sup>15</sup> Media Gateway Backup – nome atribuído aos equipamentos implementados para o funcionamento do projeto piloto

computadores dos funcionários da DSI<sup>16</sup>. Todas estas extensões foram registadas no Servidor IPBX Principal. Os *hardphones* SIP foram utilizados para testar a solução deste cenário, pois nestes equipamentos é possível configurar os IPs do DNS primário e DNS secundário.

O DNS primário pretende simular o DNS Central que está localizado no edifício Paços do Município que consegue resolver o endereço para o IP do IPBX Principal através do *Domain* que pode também ser introduzido nos *hardphones*, quer pelo IP estático ou pelo *host* (host do IPBX). O DNS secundário simula o DNS local que tem de ser instalado nos edifícios onde a Media Gateway também seja instalada, neste caso no edifício Casa Aninhas. Este DNS secundário consegue resolver o endereço para o IP da Media Gateway Backup.

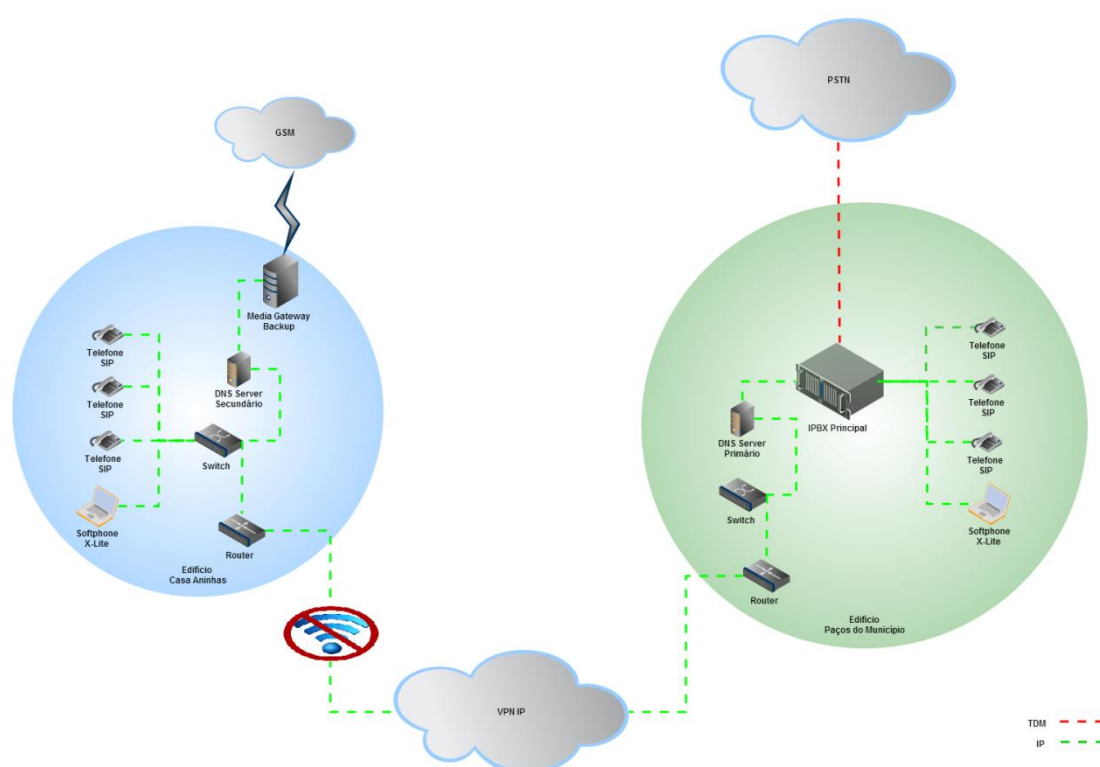


Figura 20 – Arquitetura do cenário de teste do projeto-piloto

Para a realização de todos estes testes funcionais, foram criadas duas VLAN específicas para este efeito, nomeadamente uma VLAN de voz e de dados. A VLAN de voz pode assim ser configurada nos *hardphones* IP para que todo o tráfego IP correspondente a esses equipamentos seja associado a essa VLAN de voz. Este tipo de configuração tornou-se bastante importante para testar as configurações nos equipamentos de rede IP existentes na CMC, e ao mesmo tempo definir as características para as VLAN de voz e dados que serão usadas no futuro.

<sup>16</sup> DSI – Divisão Sistemas de Informação

### 7.5.1 Configurações do DNS Primário e DNS Secundário

Para testar convenientemente a solução de encaminhamento do tráfego IP para diferentes IPBX (IPBX Principal → Media Gateway Backup) foi necessário configurar duas máquinas existentes na CMC que estavam disponíveis. Nessas duas máquinas foi instalado o sistema operativo CentOS 6.4 que permite a configuração do DNS Server Bind. No DNS primário foi configurado o *host* do IPBX de forma a resolver este nome para o endereço IP do IPBX principal. Na segunda máquina foi configurado o DNS secundário de forma a resolver o nome do *host* do IPBX para o endereço IP da Media Gateway Backup. Desta forma é possível associar os telefones SIP ao IPBX Principal e à Media Gateway Backup sempre que a ligação ao IPBX Principal não seja possível.

No entanto esta solução tem alguns problemas que precisam de ser melhorados no futuro, no entanto devido às condicionantes de tempo e inexistência de uma solução mais eficiente esta é a solução proposta para manter as comunicações em caso de falha na ligação com o edifício Paços do Município. Mas a solução ideal seria conseguir definir o encaminhamento correto do tráfego IP através do Router ou Switch do IPBX Principal para o Media Gateway Backup.[31]

## 7.6 Testes efetuados e análise dos resultados

Ao longo do Segundo Semestre as mais diversas funcionalidades do IPBX Elastix foram testadas de forma a poder elaborar um Caderno de Encargos para uma nova plataforma de Comunicações VoIP, com os requisitos essenciais e funcionalidades que tragam vantagens substanciais para as comunicações de voz da CMC. Para além de testar as funcionalidades gerais, foram também efetuados testes para comprovar a solução apresentada para este projeto-piloto. Apesar dos testes realizados comprovarem que esta solução funciona é importante referir que para que a mesma resultasse foi necessário reiniciar o *hardphone* para que este pudesse atualizar a informação sobre o DNS.

Ou seja, sempre que se verifique que a ligação com o IPBX Principal não é possível, é necessário desligar o *hardphone* SIP e voltar a ligá-lo, para que este possa ser registado na Media Gateway Backup. Importante também de referir que as extensões destes telefones foram replicadas na Media Gateway Backup.

### 7.6.1 Funcionalidades testadas

Para a realização destes testes foram utilizados 3 telefones GrandStream BT100, *softphones* X-Lite e 3CX e a aplicação spark que permite a funcionalidade de *instant messaging*.

De realçar que o X-Lite é uma aplicação gratuita que não tem suporte para XMPP, ou seja a funcionalidade de *instant messaging*, no entanto existem aplicações pagas que tem suporte para XMPP, como é o caso do *softphone* BRIA. Por esta razão foi utilizado o spark que para além da funcionalidade de *instant messaging* também permite a realização de videoconferências.

As funcionalidades seguintes pretendem ilustrar as funções gerais pretendidas para a nova plataforma de comunicações e requisitos da mesma que foram testadas durante a realização deste projeto-piloto.

- Funcionalidades de Telefonia gerais: *Follow-Me*, encaminhamento de chamadas, *Do Not Disturb* (DND), *Call-Forward*;
- Voice-mail;
- IVR – *Interactive Voice Response*;
- Lista de contactos;
- Gestão de Extensões;
- Gestão e configuração de telefones;
- Gestão de utilizadores;
- Associação de telefone a extensão/utilizador;
- Encaminhamento de chamadas para outra extensão/número (*Call Forward*);
- Encaminhamento de chamadas para outra extensão/número após alguns toques (*Call Follow-me*);
- Reencaminhamento de Voice-mail para o Email;
- Possibilidade de um utilizador ter várias extensões;
- Audioconferência;
- Videoconferência;
- Instant Messaging;
- *Pickup* de chamadas;
- *Do Not Disturb* (DND), possibilidade de encaminhar diretamente a chamada para o Voice-mail;
- Música em Espera;
- Condições Temporais: as chamadas devem ser tratadas de forma diferente conforme a hora do dia;
- Possibilidade de agendar Conferências (áudio e vídeo).

## 7.7 Conclusões e Trabalho Futuro

O desafio de implementar uma solução para situações de emergência complementares à nova plataforma de comunicações VoIP da CMC, foi bastante interessante e permitiu uma abordagem diferente da simples criação de um IPBX e realização de testes com telefones SIP e softphones. Esta solução pode ser bastante útil para as futuras comunicações de voz da CMC, para que um determinado edifício não fique sem acesso de comunicações ao exterior. Apesar das dificuldades inerentes a este desafio os objetivos principais foram alcançados, no entanto esta solução deve ser revista no futuro e uma nova proposta de encaminhamento do tráfego IP entre os IPBX Principal e a Media Gateway Backup deverá ser considerada.

A nova proposta para este desafio poderá passar por uma configuração diferente no Router ou no Switch que encaminham o tráfego IP, para que o utilizador não tenha que realizar nenhuma ação para que este processo de encaminhamento de tráfego IP para um Media Gateway Backup se realize.

## Capítulo 8

### Plano de Trabalho Realizado e Trabalho Futuro

#### 8.1 Planeamento Previsto

A presente secção representa todas as tarefas que estavam planeadas para a realização deste estágio, tarefas que foram divididas pelos 2 Semestres e que foram realizadas de forma a definir um projeto de comunicações VoIP para a CMC. Projeto de comunicações VoIP que necessita da aquisição de uma plataforma VoIP que possa responder a todos os requisitos da CMC e que possa atingir todos os objetivos que foram definidos no início deste documento.

Para uma melhor representação de todas essas tarefas foram elaborados 2 diagramas de Gantt que quantificam a duração de cada uma das tarefas e permitem representar de uma forma explícita todos os passos que foram tomados para a concretização deste estágio.

O diagrama de Gantt relativo ao 1º Semestre pode ser visualizado na Figura 39 do Anexo de Figuras e Tabelas. Durante o 1º Semestre foi essencial a realização de um estudo que pudesse analisar as tecnologias utilizadas nas comunicações VoIP e as plataformas *open source* que permitem a realização de comunicações VoIP. Depois de analisadas essas tecnologias e plataformas foi também importante a recolha de informação sobre o projeto VoIP@RCTS por este ser um projeto de referência a nível nacional. Através dessa análise foi também possível obter conhecimento variado sobre a abordagem de Engenharia usada nesse projeto e também pormenores da arquitetura da plataforma que é usada na Universidade de Coimbra.

Após a realização desse estudo foi também importante o levantamento sobre as infraestruturas de comunicações de Voz e IP atuais da CMC. Depois de reunidas todas essas informações foi possível desenhar um primeiro esboço da arquitetura proposta para o projeto global de comunicações VoIP para a CMC. Arquitetura que sofreu diversas alterações durante o 2º Semestre.

As tarefas associadas ao plano de trabalhos do 2º Semestre podem ser visualizadas na Figura 40 do Anexo de Figuras e Tabelas. Ao longo do 2º Semestre o estagiário teve de realizar diversa documentação essencial para a definição do projeto de comunicações VoIP da CMC. Nomeadamente o Estudo Financeiro que permite justificar o elevado investimento necessário para este projeto e ainda as poupanças que a nova plataforma de comunicações permite alcançar.

Depois de realizado o importantíssimo estudo financeiro foi possível definir o planeamento para a implementação do projeto de comunicações VoIP para a CMC e no seguimento dos processos foi iniciado o documento relativo ao Caderno de Encargos para a aquisição da nova plataforma de Comunicações VoIP. Para além da realização desta documentação o estagiário iniciou a definição e posterior implementação do projeto-piloto. Após a implementação do projeto-piloto e posteriores testes realizados foi possível reunir

toda a documentação útil num único documento que possa assim descrever todo o trabalho realizado pelo estagiário no decorrer deste estágio.

## 8.2 Planeamento Cumprido e Trabalho Futuro

Todas as tarefas definidas no planeamento previsto foram cumpridas com sucesso, no entanto todo este processo de aquisição da plataforma ainda se encontra na sua fase inicial e documentação essencial para o projeto ainda poderá ter de ser elaborada. Contudo é importante referir que os documentos relativos ao Estudo Financeiro e ao Planeamento para a Implementação do projeto já foram validados e podem servir como documentação útil para as fases posteriores do projeto de comunicações VoIP para a CMC.

Relativamente ao projeto-piloto todas as tarefas e testes possíveis foram realizados com sucesso. No entanto uma nova solução mais eficiente deve ser analisada para que esta proposta de Media Gateway Backup seja uma mais valia para as futuras comunicações de Voz da CMC.

## 8.3 Imprevistos

O processo de aquisição de hardware específico, nomeadamente adaptadores de ligação à PSTN e GSM e computadores para a instalação do software para as Media Gateway Backup, teve de seguir os procedimentos burocráticos impostos ao Município, designadamente o Código da Contratação Pública, de forma a garantir a transparência do processo e a melhor proposta económico-financeira dos equipamentos em causa. Outra das dificuldades na aquisição deste material deve-se ao facto de ser equipamento específico para a realização de comunicações VoIP, o que apenas está disponível através de empresas focadas nesse tipo de negócio.

Para além da aquisição deste *hardware* é preciso ter em conta a curva de crescimento do conhecimento que foi necessário adquirir pelo estagiário, para que os objetivos da implementação do projeto-piloto fossem alcançados com sucesso.



## Capítulo 9

### Conclusões

O estágio realizado durante estes dois Semestres tinha como objetivo principal, o desenvolvimento de um projeto de Infraestrutura de Voz sobre IP (VoIP) para a Câmara Municipal de Coimbra. Após a total implementação da nova plataforma de comunicações VoIP em todos os edifícios que foram escolhidos para esta intervenção tecnológica, a redução de custos de comunicações internas da CMC será bastante significativa, estando previstas poupanças na ordem dos 45% apenas 2 anos após o início da implementação do projeto de comunicações VoIP.

A nova plataforma trará diversas outras funcionalidades que não eram possíveis de realizar com as comunicações de voz existentes, bem como uma melhor qualidade às comunicações de voz para os funcionários da CMC.

De forma complementar a todo este processo de estruturação e planeamento do projeto global de comunicações VoIP foi também desenvolvido um projeto-piloto que pudesse comprovar a fiabilidade do sistema de comunicações VoIP, bem como a adequabilidade da infraestrutura de suporte existente (cablagem e equipamentos ativos de rede).

Foi implementada, com sucesso, uma solução piloto de VoIP, testada com alguns telefones físicos e softphones.

Verificada a viabilidade de implementação de VoIP no Município, surgiu um novo desafio: adequar o projeto-piloto a uma solução de *Backup* que possa garantir as comunicações de Voz para o exterior num determinado edifício, caso a ligação ao edifício Paços do Município não seja possível. Esta solução será complementar à solução a adquirir e implementar.

O procedimento interno de aquisição da nova plataforma, nos termos legais e normativos exigidos, já está em curso, pelo que a implementação deverá iniciar-se antes do final deste ano de 2013. O planeamento das diferentes fases da implementação do projeto está definido na documentação do Capítulo 6 Planeamento do Projeto de Comunicações VoIP da CMC.

## Referências

- [1] “Veridiano António Fernandes de Carvalho e Silva Soluções Wireless / VoIP para Redes Comunitárias,,” 2010.
- [2] T. Future, *The Future of Telephony*. 2005.
- [3] “IAX - voip-info.org.” [Online]. Available: <http://www.voip-info.org/wiki/view/IAX>. [Accessed: 23-Jan-2013].
- [4] VoIPForo, “Voip Think - VoIP protocols: SIP vs IAX (IAX2) comparative.”
- [5] “Homepage | Asterisk.org.” [Online]. Available: <http://www.asterisk.org/>. [Accessed: 23-Jan-2013].
- [6] “ATEL Communications : trixbox Business Office Phones.” [Online]. Available: <http://www.atelcommunications.com/trixbox.aspx>. [Accessed: 23-Jan-2013].
- [7] “Elastix :: Open Source Unified Communications Server.” [Online]. Available: <http://elastix.org/>. [Accessed: 23-Jan-2013].
- [8] “Voz Segura - Um sistema de segurança numa rede VoIP,,” 2009.
- [9] “Requisitos Mºnimos de LAN e WAN (v1.” .
- [10] “Choosing VoIP.” [Online]. Available: <http://documents.made-it.com/VoIP/>. [Accessed: 23-Jan-2013].
- [11] “Alcatel 4004 First Reflexes Telephone [3AK27101BEA] - £20.00 : Telecom Spares, Buy New and Refurbished Telecoms Equipment.” [Online]. Available: [http://www.telecomspares.com/index.php?main\\_page=product\\_info&products\\_id=642](http://www.telecomspares.com/index.php?main_page=product_info&products_id=642). [Accessed: 23-Jan-2013].
- [12] “BİLEKSİSTEM BİLGİ VE İLETİŞİM.” [Online]. Available: <http://www.bileksistem.com.tr/urundetay.asp?cat=MA==&cat2=MTQ2&cat3=Mzg>. [Accessed: 23-Jan-2013].
- [13] “CounterPath Corporation | X-Lite.” [Online]. Available: <http://www.counterpath.com/x-lite.html>. [Accessed: 23-Jan-2013].
- [14] “Zoiper - Softphone for the windows, mac, linux and solaris desktop.” [Online]. Available: <http://www.zoiper.com/softphone/>. [Accessed: 23-Jan-2013].
- [15] “Grandstream Networks, Inc :: GXV3140.” [Online]. Available: <http://www.grandstream.com/products/ip-video-telephony/gxv3140/>. [Accessed: 23-Jan-2013].

- [16] “Gentek: Polycom products.” [Online]. Available: [https://www.gentek.com/products.php?man\\_code=115](https://www.gentek.com/products.php?man_code=115). [Accessed: 23-Jan-2013].
- [17] “Mediacloud | Snom.” [Online]. Available: <http://www.mediacloud.pt/snom/>. [Accessed: 23-Jan-2013].
- [18] “Use a SIP proxy instead of Asterisk for SIP | OpenTelecoms.org community.” [Online]. Available: <http://www.opentelecoms.org/use-a-sip-proxy-instead-of-asterisk>. [Accessed: 23-Jan-2013].
- [19] “Wavecom.” [Online]. Available: [http://www.wavecom.pt/pt/plataforma.php?id\\_area=9](http://www.wavecom.pt/pt/plataforma.php?id_area=9). [Accessed: 23-Jan-2013].
- [20] “Jornadas RCTS - Detalhe de sessão.” [Online]. Available: [http://jornadasrcts.fccn.pt/AgendaDetalhe10\\_110141000](http://jornadasrcts.fccn.pt/AgendaDetalhe10_110141000). [Accessed: 23-Jan-2013].
- [21] FCCN, “Jornadas RCTS - Ponto de situação SABQR: Universidade de Aveiro.”
- [22] “Cisco SPA3102 Voice Gateway with Router.” [Online]. Available: <http://www.cisco.com/en/US/products/ps10027/index.html>. [Accessed: 23-Jan-2013].
- [23] “No Title.” [Online]. Available: <http://www.voipon.de/topex-mobilink-ip1gsm-p-3462.html>.
- [24] “Telephone number mapping - Wikipedia, the free encyclopedia.” [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Telephone\\_number\\_mapping](http://en.wikipedia.org/wiki/Telephone_number_mapping). [Accessed: 23-Jan-2013].
- [25] “Esquema Telefone VoIP.” [Online]. Available: <http://www.cisco.com/en/US/i/000001-100000/75001-80000/77001-78000/77867.jpg>.
- [26] B. Sharif, “Elastix without Tears Intentionally left blank . Elastix Without Tears,” pp. 1–299.
- [27] “uElastix Instalation.” [Online]. Available: <http://uelastix.com/#>.
- [28] “<http://raspberrypiportugal.com/modelos/raspberry-pi-modelo-b/>.” [Online]. Available: <http://raspberrypiportugal.com/modelos/raspberry-pi-modelo-b/>.
- [29] “Topex Mobikink.” [Online]. Available: <http://www.youtube.com/watch?v=MbsASCa3Ni8>.
- [30] “linksys spa3102.”
- [31] “Bind.” [Online]. Available: <http://www.youtube.com/watch?v=Dm8FeKluU08>.
- [32] “VoIP e suas Aplicações.” [Online]. Available: [http://www.decom.fee.unicamp.br/~silva/TCC\\_VOIP.htm](http://www.decom.fee.unicamp.br/~silva/TCC_VOIP.htm). [Accessed: 23-Jan-2013].

- [33] “Introduction to Voice-over IP Technology.” [Online]. Available: <http://www.isaca.org/Journal/Past-Issues/2005/Volume-2/Pages/Introduction-to-Voice-over-IP-Technology1.aspx>. [Accessed: 23-Jan-2013].
- [34] “H.323 - Wikipedia, the free encyclopedia.” [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/H.323>. [Accessed: 23-Jan-2013].
- [35] “Asterisk Overview.” [Online]. Available: [http://www.berklix.org/bim/talks/asterisk\\_overview\\_2007\\_01\\_17/asterisk-bim-17.01.07-all/asterisk-bim-17.01.07-html/AsteriskBIM.html](http://www.berklix.org/bim/talks/asterisk_overview_2007_01_17/asterisk-bim-17.01.07-all/asterisk-bim-17.01.07-html/AsteriskBIM.html). [Accessed: 23-Jan-2013].
- [36] “Sobre o Asterisk » Dicas de Asterisk.” [Online]. Available: <http://dicasasterisk.asteriskonline.com.br/sobre-o-asterisk/>. [Accessed: 23-Jan-2013].
- [37] “Elastix - Overview.” [Online]. Available: <http://elastix.org/index.php/en/product-information/elastix-info.html>. [Accessed: 23-Jan-2013].
- [38] “Solution Providers.” [Online]. Available: [http://sangoma.com/resources/solution\\_providers/ip\\_pbx.html](http://sangoma.com/resources/solution_providers/ip_pbx.html). [Accessed: 23-Jan-2013].

## Anexo A

### Exemplo de Comunicação IAX

Neste ponto será descrito as diferentes transações efetuadas ao longo de uma sessão de comunicação utilizando o protocolo IAX.

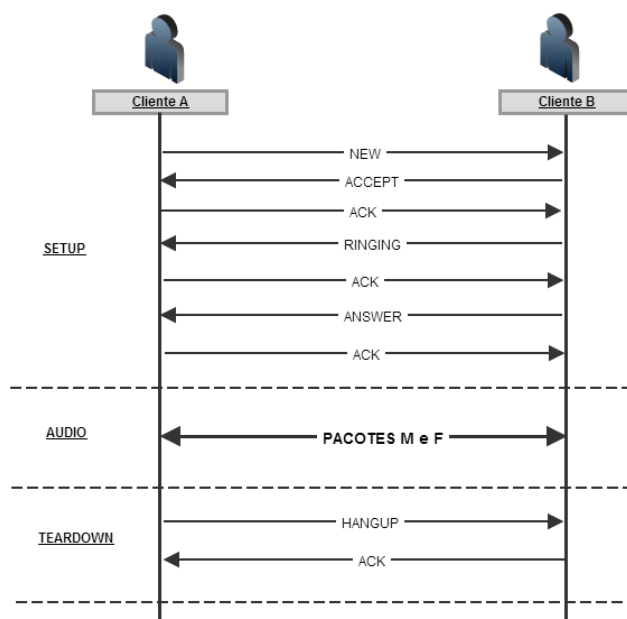


Figura 21 – Exemplo de uma chamada IAX [1]

1. **Setup** – Nesta primeira fase o cliente A envia uma mensagem **NEW** ao cliente B para tentar estabelecer a conexão. De seguida o cliente envia uma mensagem **ACCEPT**, a indicar a aceitação do pedido. Para confirmar o emissor envia uma resposta **ACK** ao destinatário. Por sua vez o cliente B envia uma mensagem **RINGING** que emite um sinal sonoro. Uma mensagem **ACK** é então enviada pelo cliente A para confirmar a sua receção. Para finalizar o cliente B envia uma mensagem **ANSWER**, que sinaliza a aceitação da chamada obtendo de imediato uma resposta **ACK** do cliente A para que a ligação seja estabelecida.
2. **Audio** – Nesta fase são enviados e trocados entre os clientes pacotes do tipo M (Mini-Frame) e F (Full-Frame), que contém a informação áudio. Sendo cada fluxo de pacotes constituído por pacotes IAX do tipo M, contendo um cabeçalho de apenas 4 bytes o que permite um aumento da eficiência da largura de banda.
3. **Teardown** – Nesta ultima fase tanto o cliente A ou B podem finalizar a chamada estabelecida, através de uma mensagem **HANGUP**. De seguida é enviado uma mensagem **ACK** que confirma a finalização da ligação.

## Anexo B

### Arquitetura do protocolo SIP

O protocolo SIP dá suporte a funcionalidades que permitem estabelecer e terminar sessões multimédia nomeadamente de localização, disponibilidade, utilização de recursos e características de negociação. A arquitetura do protocolo é constituída por um User Agent (UA) que corresponde a ligação do lado do cliente, do lado do servidor fazem parte o Proxy Server, Register Server e o Redirect Server, tal como a Figura 22 ilustra. Nos pontos seguintes serão descritos estes mesmos componentes.

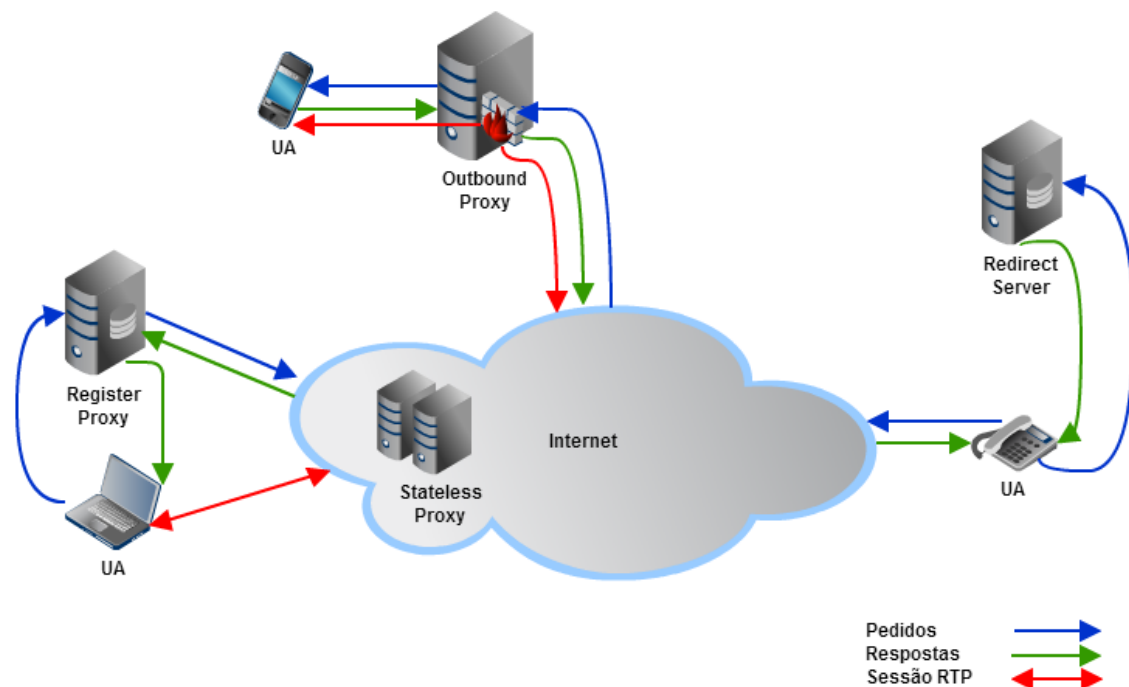


Figura 22 – Exemplo de uma possível arquitetura para o protocolo SIP [5]

1. **User Agent SIP (UA SIP)** é composto por duas partes distintas, o UAC (*User Agent Client*) e o UAS (*User Agent Server*). O UAC é a entidade lógica responsável por enviar os pedidos e receber as respostas correspondentes. O UAS é a entidade lógica que irá responder aos pedidos SIP. O User Agent tem uma interface para o utilizador, mas também oferece um sistema automático que não envolva interação com o utilizador, como por exemplo um sistema de voice-mail ou um sistema de redirecionamento de chamadas.

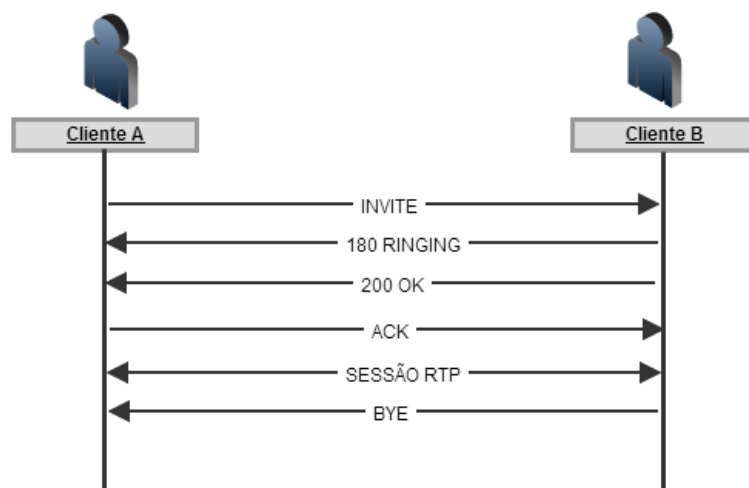


Figura 23 – exemplo de uma sessão entre dois UA SIP [1] [5]

2. **SIP Proxy Server** é uma entidade intermédia que atua como cliente e como servidor de forma a estabelecer a ligação entre utilizadores. Servidor este que se assemelha muito no seu funcionamento com os proxys http. O proxy server é responsável pelo encaminhamento dos pedidos que recebe de outras entidades, existindo dois estados do Proxy Server, Stateful Proxy e Stateless Proxy.

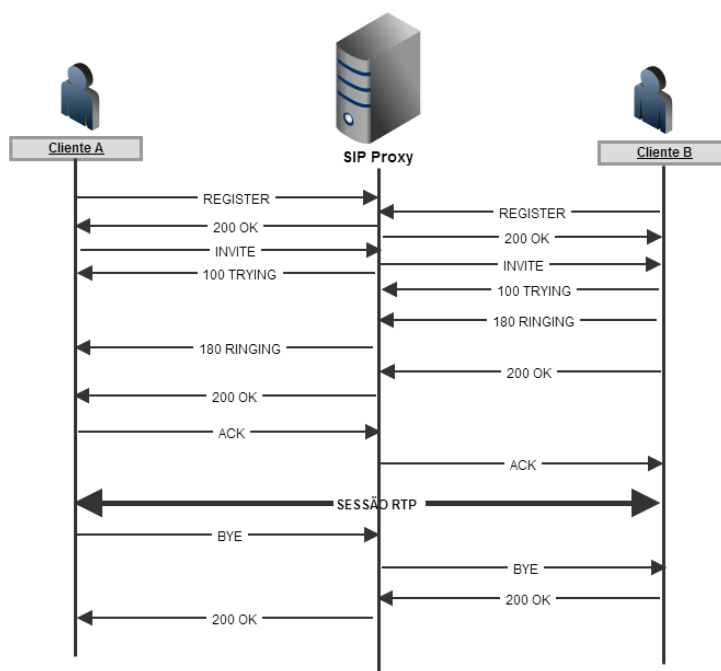


Figura 24 – exemplo de uma sessão estabelecida entre dois UA SIP e o Proxy Server [1] [5]

3. **Outbound Proxy** é um proxy que recebe pedidos de um determinado utilizador, mesmo que esse não seja o destinatário do pedido. Esta configuração é muito utilizada quando existem firewalls, em que o User Agent é configurado para enviar pedidos através deste tipo de servidor.

4. **SIP Register Server** – servidor que aceita pedidos de registo de utilizadores e mantém toda a informação proveniente desses pedidos, fornecendo serviços de localização e tradução de endereços no seu domínio de controlo.
5. **SIP Redirect Server** – servidor que gera repostas de redireccionamento aos pedidos que lhes são efetuados, este tipo de servidores reencaminham os pedidos para o servidor seguinte.

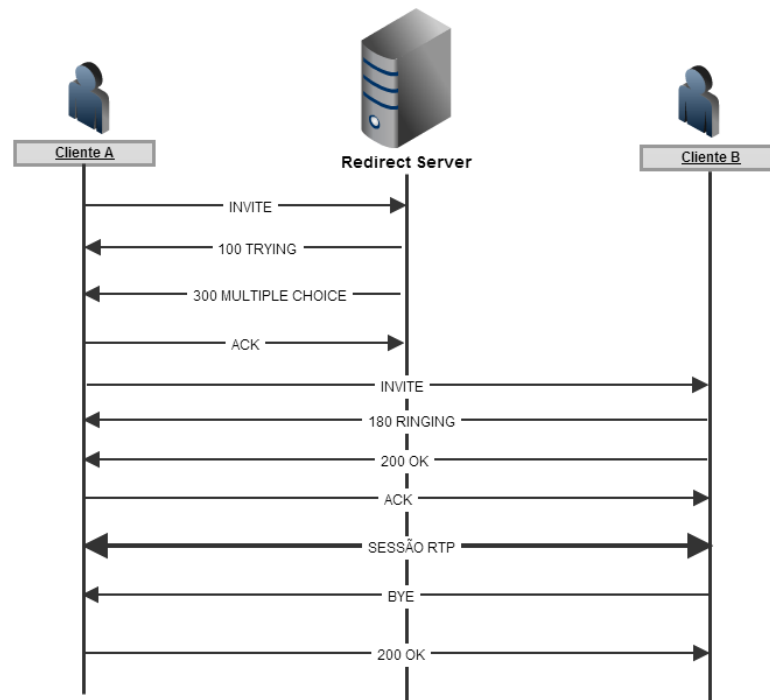


Figura 25 – exemplo de uma sessão estabelecida entre dois UA SIP e o Redirect Server [1] [5]

## Mensagens SIP

A semântica e sintaxe do SIP é muito semelhante ao do protocolo HTTP, propriedade esta que permitiu a reutilização de código e uma integração mais simples dos servidores SIP com os servidores Web e de e-mail. Assim como o HTTP, o SIP define a comunicação através de dois tipos de mensagens, os pedidos e as respostas. Sendo os pedidos realizados pelos UAC e os UAS devolvem as respostas aos pedidos dos clientes. Uma mensagem SIP é constituída por uma linha com um ou mais cabeçalhos (*headers*), uma linha vazia que indica o fim dos cabeçalhos e por fim o corpo da mensagem.

Os cabeçalhos são usados para transportar informação necessária às entidades SIP para estes poderem processar os pedidos ou respostas. O corpo da mensagem é usado para descrever a sessão, contendo normalmente o protocolo SDP (*Session Description Protocol*), ou ainda informação em ASCII ou ainda HTML. [1][32]



## Métodos SIP

Na tabela seguinte são apresentados os métodos definidos pelo SIP RFC 2543 que podem ser utilizados em pedidos INVITE, ACK, OPTIONS, BYE, CANCEL e REGISTER.

Mensagem SIP	Descrição
INVITE	Convida um utilizador para uma chamada
ACK	Confirmação do pedido de Comunicação
OPTIONS	Informação sobre as capacidades do servidor
BYE	Termina a conexão entre utilizadores e rejeição de uma chamada
CANCEL	Termina um pedido
REGISTER	Sinalização durante uma sessão

Tabela 17 – Métodos do protocolo SIP [1]

## Respostas SIP

Quando o pedido SIP é efetuado, o recetor responde com uma mensagem que contém o código da resposta tal como a tabela seguinte ilustra.

Classe	Descrição	Exemplo
1XX	Mensagem de Informação	100 Trying, 180 Ringing
2XX	Resposta de Sucesso	200 OK
3XX	Resposta de Redireccionamento	302 Moved Temporarily
4XX	Erro no Cliente	404 Not Found
5XX	Erro no Servidor	501 Not Implemented
6XX	Erro global	603 Decline

Tabela 18 – exemplo de tipo de respostas do protocolo SIP [1]

## Mensagens de Erro SIP

As três tabelas seguintes pretendem representar os erros mais comuns que podem surgir nas mensagens durante uma sessão de comunicação usando o protocolo SIP.

Classe	Designação		
<b>4XX</b>	<b>Erro no Cliente</b>		
Código	Descrição	Código	Descrição
400	Bad Request	421	Extension Required
401	Unauthorized	422	Session Timer Interval Too Small
402	Payment Required	423	Interval Too Brief
403	Forbidden	428	Use Authentication Token
404	Not Found	429	Provide Referrer Identity
405	Method Not Allowed	480	Temporarily Unavailable
406	Not Acceptable	482	Loop Detected
407	Proxy Authentication Required	483	Too Many Hops
408	Request Timeout	484	Address Incomplete
409	Conflict	485	Ambiguous
410	Gone	486	Busy Here
411	Length Required	487	Request Terminated
413	Request Entity Too Large	488	Not Acceptable Here
414	Request URI Too Long	489	Bad Event
415	Unsupported Media Type	491	Request Pending
416	Unsupported URI Scheme	493	Request Undecipherable
420	Bad Extension		

Tabela 19 – exemplo de mensagens de erro no Cliente [1]

Classe	Designação		
<b>5XX</b>	<b>Erro no Servidor</b>		
Código	Descrição	Código	Descrição
500	Server Internal Error	504	Gateway Timeout
501	Not Implemented	505	Version Not Supported
502	Bad Gateway	513	Message Too Large
503	Service Unavailable		

Tabela 20 – exemplo de mensagens de erro no Servidor [1]

Classe	Designação		
<b>6XX</b>	<b>Erro Global</b>		
Código	Descrição	Código	Descrição
600	Busy Everywhere	604	Does Not Exist Anywhere
603	Decline	606	Not Acceptable

Tabela 21 – exemplo de mensagens de erro global [1]

### ***Cabeçalhos SIP***

Os cabeçalhos SIP são usados para o transporte da informação às entidades SIP. Cabeçalhos que muito se assemelham aos do HTTP quer seja na semântica como também na sintaxe. Estes cabeçalhos podem ser usados em todas as mensagens ou apenas em determinados pedidos ou em respostas. Se o cabeçalho aparecer numa mensagem mas não fizer parte dessa categoria é ignorado. A tabela seguinte ilustra os campos dos cabeçalhos SIP e a sua descrição associada.

Cabeçalho SIP	Descrição
<b>Via</b>	Indica qual o protocolo de transporte usado e a rota do pedido
<b>From</b>	Indica o remetente da mensagem
<b>To</b>	Indica o endereço do destinatário
<b>Call-Id</b>	Identifica cada chamada e o endereço da host
<b>Cseq</b>	Indica a sequência de cada mensagem
<b>Contact</b>	Indica os contactos de utilizador
<b>User Agent</b>	Indica o nome do Agente que está associado à chamada

Tabela 22 – exemplo de cabeçalhos SIP [1]

## Endereços SIP

Os utilizadores são identificados através de um tipo de URI (*Universal Resource Identifier*) denominado SIP URI que está definido no SIP RFC 2396. O SIP URI utiliza o formato mais comum de endereçamento de utilizadores na Internet, o formato do endereço de e-mail, conforme é ilustrado pela tabela seguinte.

Endereços SIP	Descrição
<b>utilizador@dominio</b>	Nome do domínio
<b>utilizador@host</b>	Nome da máquina
<b>utilizador@IP-address</b>	Endereço IP da máquina
<b>numero-telefone@gateway</b>	Nome do servidor que permite o número de acesso ao utilizador através da PSTN

Tabela 23 – exemplo de endereços SIP [1]

Outra solução de identificação SIP, também poderá ser baseada em entidades existentes na rede IP como o DNS, já publicada no RFC 3263. Nesta norma estão descritos todos os procedimentos DNS utilizados pelos clientes para traduzir o endereço SIP URI para um endereço IP, porto e protocolo de transporte, ou ainda pelos servidores para retornar uma resposta ao cliente caso o pedido falhe.

## Exemplo de comunicação SIP

Para a realização correta de comunicações através do protocolo SIP, são necessários determinados passos, tal como é ilustrado na figura 26.

1. **Registo de Clientes** – para estabelecer comunicação entre dois utilizadores é necessário que ambos efetuem o registo. Um pedido de registo (REGISTER) é enviado, constituído pelos campos “FROM” e “TO” correspondentes ao utilizador a ser registado. O servidor de Proxy, efetua uma consulta de toda a informação sobre o respetivo cliente na base de dados, de modo a averiguar se este pode ser autenticado ou não, e caso não haja problemas envia uma mensagem 200 (OK).
2. **Estabelecimento de Sessão** – é enviado um pedido INVITE do cliente A para o proxy. De seguida, o SIP Proxy envia uma mensagem de informação 100 (Trying) para que não haja repetições de INVITE por parte do cliente e reenvia o pedido para o cliente B. Seguidamente, o cliente B envia uma mensagem 180 (Ringing) de modo a informar o utilizador que tem uma chamada. O proxy reenvia a mensagem 180 (Ringing) para o cliente A. Para finalizar, a mensagem 200 (OK) representa a aceitação do processo, ou seja o utilizador B atende a chamada e a comunicação entre os dois clientes é estabelecida. Os parâmetros portos, endereços, codecs são iniciados pelo protocolo RTP.

3. **Finalização da Sessão** – para finalizar uma sessão pré-estabelecida é enviado um pedido BYE ao proxy do cliente A que será reencaminhado para o cliente B, ou vice-versa. O cliente B ao receber este pedido termina o envio dos meios e retorna uma resposta 200 (OK), concluindo assim a comunicação entre os dois utilizadores.

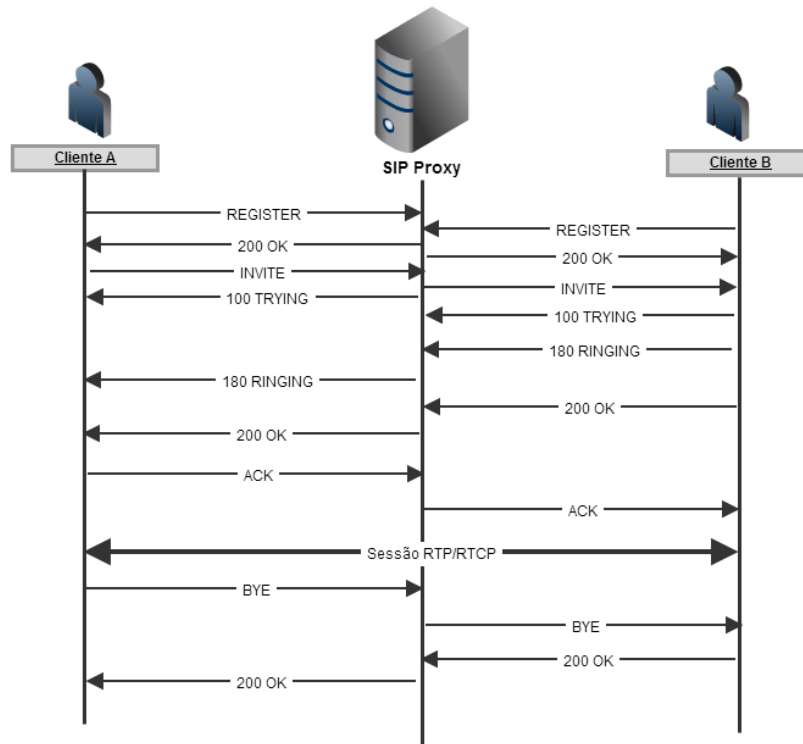


Figura 26 – exemplo de uma chamada SIP [1] [5]

## Anexo C

### Componentes e Funcionalidades do protocolo H.323

Para a correta utilização do protocolo H.323 é fundamental analisar a importância e as funcionalidades dos diversos componentes do protocolo

- **Terminais** – equipamentos que permitem estabelecer comunicações bidirecionais em tempo real. Um terminal pode ser um telefone IP ou um computador pessoal (PC) com microfone.
- **Gateways (GW)** – dispositivos que permitem estabelecer a interligação entre duas redes distintas, de modo a conciliar as comunicações entre os sistemas telefônicos convencionais (PSTN) e os sistemas de comunicações VoIP. [33]

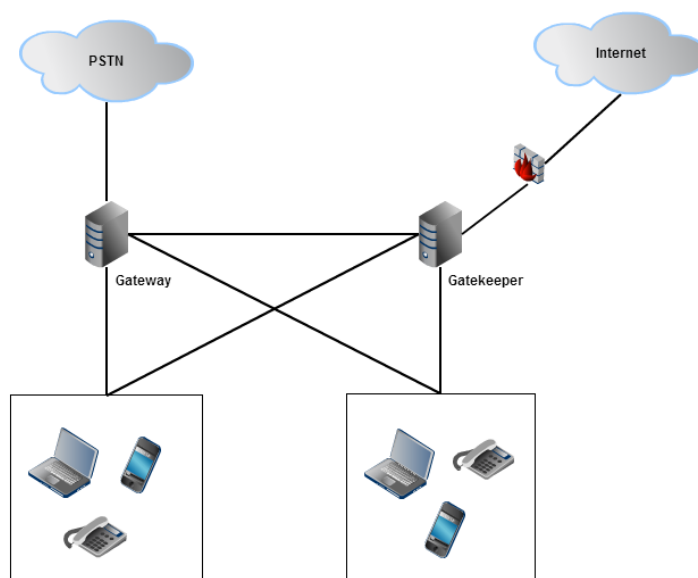


Figura 27 – Exemplo de um Gateway e Gatekeeper H.323 [6]

- **Gatekeepers (GK)** – os gatekeepers permitem efetuar a tradução de identificadores H.323 e números E.164 (números de telefone) em endereços IP, permite também a autenticação de terminais H.323, registo de terminais H.323, controlo da largura de banda e administração de zonas H.323. Uma zona é constituída por todos os equipamentos H.323 (Terminais, MCU e Gateways) que se encontram registados no gatekeeper. Este dispositivo controla apenas as ligações H.323 efetuadas na vizinhança da sua rede.
- **Multipoint Control Units (MCU's)** – dispositivos que permitem estabelecer comunicações com sessões de multiconferência entre determinados equipamentos VoIP. Um MCU tem a função de gerir todos os recursos usados numa conferência e também a função de negociar com os terminais de forma a determinar os codecs a utilizar. Os terminais IP efetuam uma chamada para a MCU e de seguida escolhem a sessão em que pretendem participar. No passo seguinte a MCU recebe os sinais de áudio e

vídeo de todos os participantes da conferência, mistura-os e envia-os para todos tal como a figura 28 ilustra.

- **Proxy** – um proxy H.323 tem a capacidade de examinar todos os pacotes trocados na rede durante uma comunicação entre duas aplicações VoIP e também a possibilidade de determinar o destino de uma chamada e estabelecer a conectividade dessa mesma chamada, executando todos os procedimentos necessários para a realização da mesma.

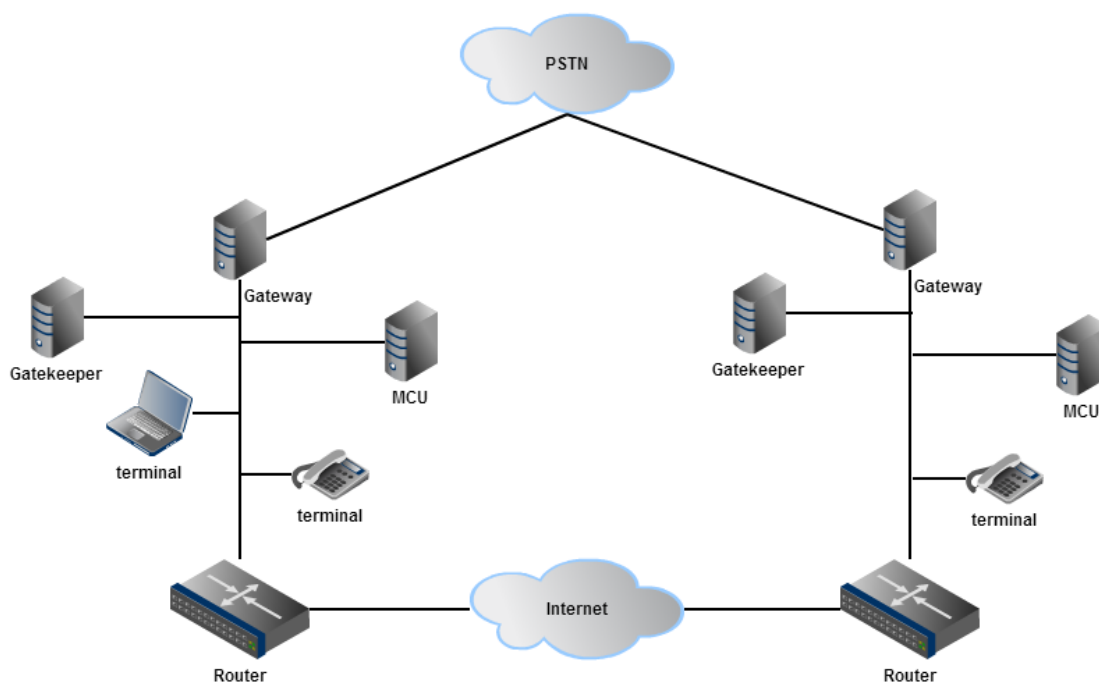


Figura 28 – Exemplo de uma rede H.323 [6]

### Arquitetura do Protocolo H.323

A arquitetura do protocolo H.323 está ilustrada na figura seguinte e a descrição da mesma será especificada nos pontos seguintes.[34]

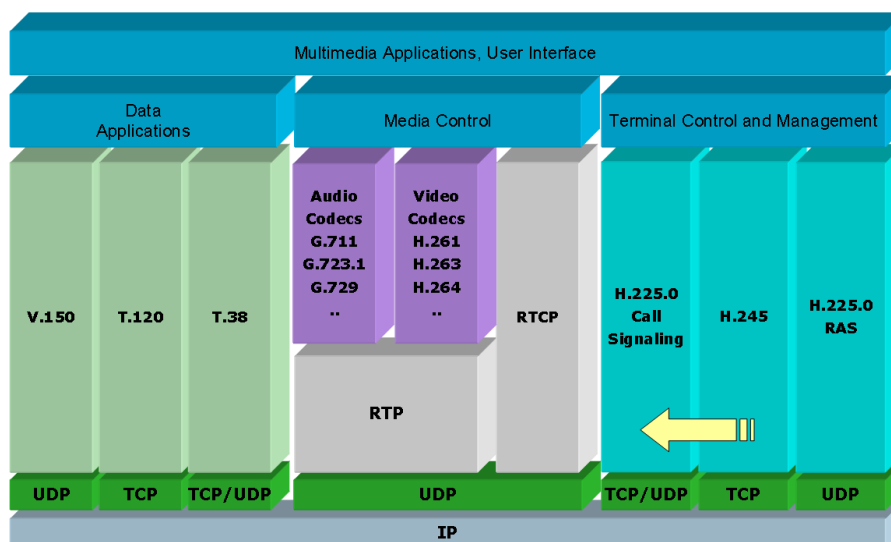


Figura 29 – arquitetura do protocolo H.323 [7]

1. **RTP/RTCP (Real-Time Transport Protocol / Real-Time Transport Protocol)** – estes dois protocolos são usados para efetuar o transporte de dados de multimédia em tempo real, quer seja áudio, vídeo ou dados. O protocolo RTP é utilizado em todas as arquiteturas VoIP, para videoconferência como também para media-on-demand.
2. **H.255.0 RAS (Registration, Admission and Status)** – protocolo de Registo, Admissão e Estado. Este protocolo é responsável pelo envio de mensagens de sinalização num sistema áudio e vídeo baseado em H.323.
3. **H.255.0 Call Signaling** – este protocolo permite a sinalização de uma chamada, os elementos de multimédia, o fluxo de pacotes, fluxo de streams e controlo do formato das mensagens.
4. **H.245** – o protocolo H.245 é utilizado no controlo de comunicações multimédia, para descrever as mensagens e determinados procedimentos que poderão ser utilizados na abertura e no fecho de canais lógicos de áudio, vídeo e dados, controlo e indicações.
5. **RSVP (Resource ReSerVation Protocol)** – permite efetuar reservas de recursos existentes numa determinada rede de forma a garantir uma melhor qualidade de serviço (*QoS*).
6. **T.120** – o protocolo T.120 é utilizado para conferência de dados e controlo de conferência em comunicações multimédia interativas multiponto e ponto a ponto.

### **Codecs H.323**

Os codificadores/descodificadores ou “Codecs” são dispositivos que permitem efetuar uma redução da largura de banda para a transmissão de dados, utilizando técnicas de compressão de dados em tempo real, devido às características do próprio serviço. Para a codificação do sinal de áudio em tempo real são recomendados os protocolos G.711, H.261 e H.263.

1. **G.711** – este codec é uma recomendação da ITU, como standard para comunicações áudio e uma referência para sistemas de videoconferência. A taxa de transmissão de dados situa-se entre os 56 e os 64 Kbit/s.
2. **H.261 e H.263** – estes são os dois codecs utilizados para a transmissão de vídeo do protocolo H.323.



## Sinalização H.323

As funcionalidades de sinalização do protocolo H.323 baseiam-se na recomendação H.225, que especifica o uso e suporte de mensagens Q.931/Q.932. Este tipo de mensagens são enviadas através do protocolo TCP (*Transmission Control Protocol*) no porto 1720. As mensagens de controlo de chamadas Q.931 são então enviadas para a configuração, manutenção e desconexão através deste mesmo porto (1720).

Tipos de Mensagem	Descrição
<b>Setup</b>	Inicialização de uma chamada H.323 ou para estabelecer uma conexão com um determinado equipamento H.323. É constituída pelo endereço IP, e o porto do destinatário.
<b>Call Proceeding</b>	O Gatekeeper envia esta mensagem a um determinado terminal, informando o da tentativa de estabelecimento de uma chamada.
<b>Alerting</b>	Início da fase de geração do tom da chamada
<b>Connect</b>	Início de uma sessão
<b>Release Complete</b>	O terminal envia esta mensagem para terminar a conexão
<b>Facility</b>	Pedido para um serviço adicional

Tabela 24 – exemplo de tipos de mensagem de sinalização do protocolo H323 [1][32]

## Exemplo de Comunicação H.323

Numa comunicação H.323 existem diferentes transações efetuadas ao longo da sessão H323. Para uma melhor compreensão destas transações distintas, será feita uma descrição mais pormenorizada para o melhor entendimento dos diferentes protocolos e das diferentes etapas numa comunicação H.323 nos pontos seguintes e na Figura 30.

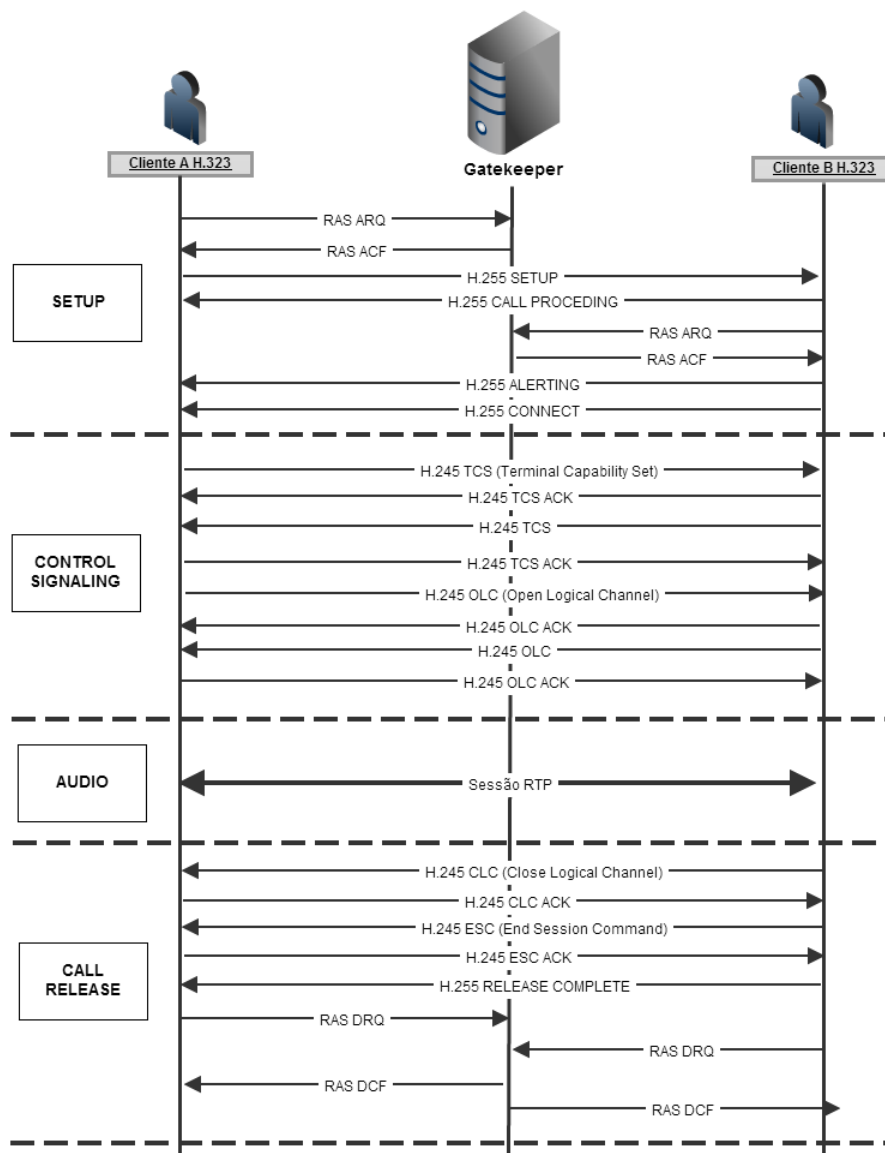


Figura 30 – exemplo de uma chamada H.323 [1] [5]

1. **Setup** – O terminal A envia uma mensagem RAS ARQ para o Gatekeeper para efetuar o registo. De seguida o Gatekeeper envia uma mensagem RAS ACF informando a aceitação ou não do pedido de registo. Caso seja aceite o terminal A envia uma mensagem de SETUP ao terminal B através do protocolo H.255, para requisitar a conexão entre os diferentes terminais. Mensagem que contém o porto, endereço IP do remetente e porto, endereço IP do destinatário. Seguidamente o terminal B envia uma mensagem de Call Proceeding ao terminal A, para o notificar da tentativa de estabelecimento de uma chamada. No passo seguinte o terminal B efetua o seu registo no Gatekeeper, que depois desencadeia uma mensagem de alerta sobre o início da fase de geração do toque de aviso. Para finalizar é enviada uma mensagem Connect a qual indica que a ligação foi estabelecida.

2. **Control Signalling** – Esta nova fase corresponde á negociação efetuada através do protocolo H.245, pois nesta fase existirá muitas trocas de mensagens entre os respetivos terminais H.323 para que seja estabelecido quem será o “master” e o “slave”, mas também para gerir as capacidades dos participantes e quais os codecs de áudio ou vídeo que poderão ser utilizados durante a sessão. Depois de terminado o processo de negociação será aberto um canal de comunicação para atribuir um endereço IP e o porto respetivo, para tal serão utilizadas as mensagens H.245 TCS e H.245 OLC:
  - **H.245 TCS (*Terminal Capability Set*)** – indica a capacidade suportada pelos equipamentos H.233 que participam nas chamadas.
  - **H.245 OLC (*Open Logical Channel*)** – esta mensagem permite efetuar a abertura do canal lógico que contém a informação para facilitar a receção e codificação dos dados. Nesta mensagem é também constituída por algumas informações sobre o tipo de dados que serão enviados durante a comunicação.
3. **Audio** – Nesta fase os dois terminais H.323 estabelecem a comunicação através do protocolo RTP/RTCP.
4. **Call Release** – Nesta ultima fase o terminal A ou B podem proceder á finalização da chamada estabelecida através do envio das mensagens H.245 Close Logical Channel e H.245 End Session Comand para assim terminar a chamada corresponde a esta ligação. De seguida a ligação é terminada com o envio da mensagem H.255 Release Complete. Para finalizar todos os registos dos terminais existentes no Gatekeeper serão apagados através do protocolo RAS.

## Anexo D

### Arquitetura do sistema Asterisk

A Figura 31 pretende ilustrar a arquitetura principal de um sistema Asterisk. [35]

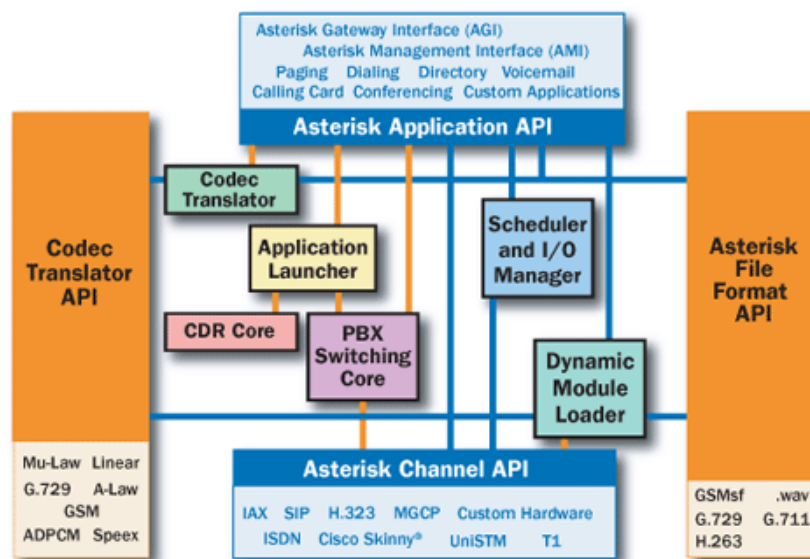


Figura 31 – Arquitetura do Asterisk

Existem vários componentes que fazem parte de um núcleo central de um sistema Asterisk, núcleo central que é constituído pelo:

- **PBX Switch Core** – permite a interconexão de chamadas para os diferentes utilizadores e automação de tarefas e também permite uma interligação transparente das chamadas efetuadas por vários hardwares e softwares.
- **Application Launcher** – este componente permite lançar aplicações que executam determinados serviços, como é o caso do voice-mail.
- **Codec Translator** – utiliza o módulo codec para codificar e descodificar as diferentes mensagens que são enviadas neste tipo de comunicações.
- **Scheduler and I/O Manager** – permite a calendarização dos ficheiros input e/ou output e também a resolução das tarefas de baixo nível agendadas pela gestão do sistema de forma otimizar o desempenho para todas as condições de carga.

Para além destes componentes, existem também quatro APIs extremamente importantes para os módulos carregáveis que facilitam a abstração de protocolos e hardware. [13]

- **Channel API** – manipula o tipo de conexões que o emissor de uma chamada realiza, quer seja uma conexão VoIP, ISDN ou ainda PRI. No entanto, os módulos dinâmicos são carregados para manipular os detalhes da camada inferior destas conexões.
- **Application API** – permite que aplicações como o voice-mail, chamadas em conferência, transmissão de dados, chamada em espera, sejam carregadas a partir de módulos específicos.
- **Codec Translator API** - efetua o carregamento dos módulos de codecs, traduzindo o sinal de voz a processar para o formato desejado. Os diferentes formatos de codificação áudio são o GSM, G.711, G.722, MP3, Speex, LPC10.
- **File Format API** – esta aplicação permite a manipulação de ficheiros de diferentes formatos para leitura e escrita bem como ficheiros para armazenamento de dados no sistema. Nomeadamente ficheiros áudio que podem ser utilizados como toques de chamada, ficheiros de música em espera, ou ainda para utilizarem no serviço de voice-mail. O sistema Asterisk tem suporte de leitura para os formatos GSM, WAV, AU, G723af e MP3.

### ***Funcionamento de um sistema Asterisk***

O sistema Asterisk interliga-se com a rede de dados através de uma porta Ethernet, o que pode levar á ativação de uma firewall de modo a garantir uma melhor gestão e segurança da largura de banda para os telefones IP. A interligação do sistema Asterisk com a rede PSTN pode ser realizada através de placas PCI (FXS, FXO, E1, T1 e PRI) com interfaces de saída para acessos básicos RDIS (2,4,8 canais) ou para acessos primários RDIS.

A sua conexão pode ser efetuada diretamente com as linhas do operador de comunicações existente, mas também com o PBX da rede telefónica existente na Instituição, desde que exista uma interface do mesmo tipo disponível. A nível protocolar, a interligação do Asterisk com o sistema PBX analógico é realizado através do protocolo QSIG (*Q Signaling*), que terá de ser suportado de ambos os lados da comunicação.

A figura 32 ilustra o funcionamento de um sistema Asterisk numa instituição, onde todos os equipamentos VoIP se conectam ao servidor VoIP através da Internet. [36]

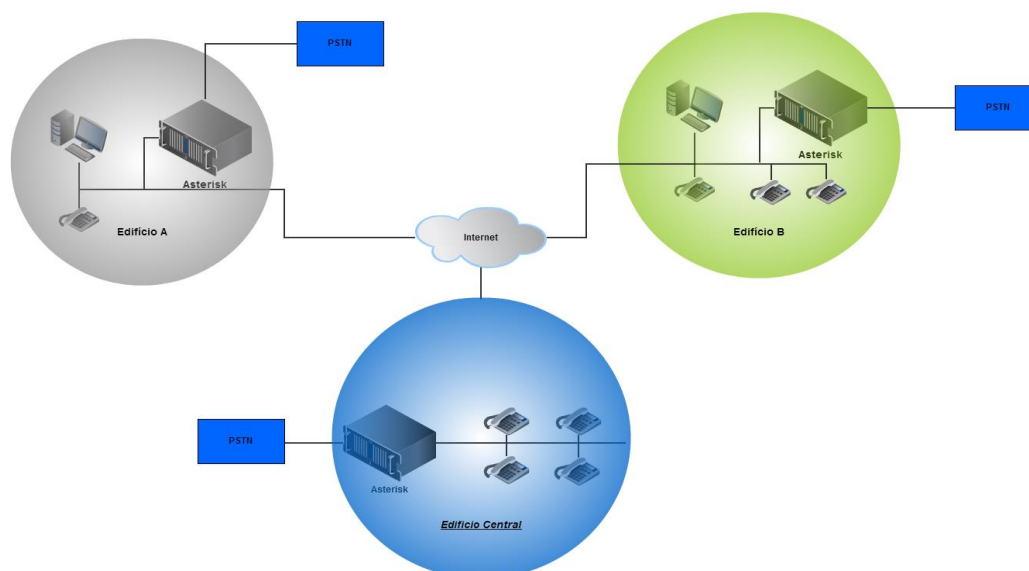


Figura 32 – Cenário de um Sistema Asterisk para uma Instituição [11]

### ***Requisitos mínimos para a implementação de um sistema Asterisk***

O sistema Asterisk tal como já foi referido anteriormente é um software Open Source gratuito e bastante flexível e que pode ser implementado na maioria das distribuições Linux. No entanto como em muitos outros sistemas de comunicações existem sempre determinados requisitos mínimos especialmente para uma aplicação de tempo real, que possa responder a todos os pedidos de uma forma correta e eficiente.

Importante realçar que quanto maior a carga do sistema, maior será a dificuldade em manter um determinado número de conexões, o que seria bastante prejudicial para o bom funcionamento do PBX. Para que tal não aconteça é necessário estabelecer requisitos mínimos de desempenho, pois estes são fatores críticos para a escolha de uma determinada plataforma.

Na tabela seguinte, são apresentadas algumas informações sobre os requisitos mínimos de *hardware*, para a implementação de um sistema Asterisk que seja viável, robusto e eficiente. No caso específico da CMC será necessário um sistema de Multiple CPUs para que o novo sistema de comunicações da CMC seja eficiente e sem impedimentos para os utilizadores. Pelos cálculos realizados, que podem ser consultados na folha de cálculo em anexo, as comunicações da CMC podem ser realizadas com 2 acessos PRI.

<b>Número de Canais (chamadas em simultâneo)</b>	<b>Sistema mínimo recomendado</b>
<b>Até 5 canais</b>	400-MHz x86, 256 MB RAM
<b>De 5 a 10 canais</b>	1-GHz x86, 512 MB RAM
<b>De 10 a 25 canais</b>	3-GHz x86, 1 GB RAM
<b>Mais de 25 canais</b>	Dual CPUs, ou Multiple CPUs

Tabela 25 – requisitos mínimos para um sistema Asterisk [1]

## ***Vantagens e Desvantagens de um sistema Asterisk***

- **Vantagens**

- Implementação rápida e fácil
- Configuração relativamente simples
- Vasto número de funcionalidades e serviços disponíveis

- **Desvantagens**

- Dificuldade de implementação em ambiente WAN, especialmente devido a problemas de escalabilidade (Servidor statefull) e de NAT Transversal (utilização dos serviços por parte de clientes que estejam em redes LAN com NAT).

## Anexo E

### ***Funcionalidades e características do sistema PBX TrixB***

O sistema PBX TrixB tem as mesmas características e funcionalidades do Sistema PBX Asterisk, no entanto o TrixB contém para além da versão completa do sistema Asterisk outros programas pré-configurados na sua instalação permitindo assim uma instalação e configuração de uma forma mais automática. Associados á instalação estão ainda os seguintes componentes:

- **CentOS** : Sistema Operativo Linux
- **Asterisk** : IPBX Open Source
- **FreePBX** : Interface Web que permite a configuração do sistema PBX Asterisk
- **SugarCRM**: permite ao administrador realizar uma melhor gestão de contactos
- **A2Billing**: Sistema de tarifação para obter o tarifário das chamadas em tempo real.
- **Flash Operator Panel (FOP)**: painel que permite ao utilizador realizar uma melhor gestão das chamadas efetuadas.
- **Web Meet Me Control**: para a gestão das chamadas de conferência.
- **Asterisk-Stat**: permite ao utilizador a gestão dos relatórios de chamadas efetuadas (CDR).
- **Inclusão das Bibliotecas**: MySQL, Apache, PHP.
- **Ferramentas diversas que permitem uma melhor administração do servidor.**

### ***Arquitectura de um sistema PBX TrixB***

Toda a administração do sistema TrixB é realizada através de uma interface web, permitindo assim uma gestão de todas as chamadas efetuadas e recebidas pelo utilizador, permitindo também a configuração de novas extensões, possibilidade de gravar as comunicações áudio, redirecionar chamadas, adicionar novas linhas, configurar e otimizar o serviço de voice-mail. Tal como já foi referido anteriormente, o TrixB contém um conjunto de bibliotecas e aplicações bastantes uteis para a gestão e administração do sistema (Apache, Asterisk, FreePBX, FlashOperator Panel, MySQL, phpMyAdmin e SugarCRM).

Para além de todas as funcionalidades referidas anteriormente existe também uma aplicação que permite ao administrador do sistema ter acesso a toda a informação das chamadas efetuadas pelo utilizador, de forma a garantir uma melhor gestão do sistema. Tal como outros sistemas de comunicações VoIP, o TrixB tem suporte para diversos codecs de áudio (G.711, G.722, G.723.1, G.726 e G.729) e protocolos de comunicação (IAX, H.323, SIP).



## Anexo F

### ***Funcionalidades e características do sistema PBX Elastix***

Neste ponto será apresentado algumas funcionalidades bastantes úteis para a gestão e administração do sistema PBX Elastix, funcionalidades que são sempre uma mais-valia na escolha de um sistema deste género. [37]

- Suporte de videochamadas
- Permite a utilização de múltiplas máquinas virtuais na mesma máquina
- Interface Web muito intuitiva
- Suporte de envio de e-mail e fax, e também a funcionalidade de envio de um documento digital para um numero fax, através de uma impressora virtual
- Configuração gráfica de parâmetros da rede
- Relatórios de utilização dos recursos
- Opção que permitem reiniciar ou desligar remotamente
- Relatórios de chamadas efetuadas e utilização dos canais
- Serviço de voice-mail
- Interface Web para o serviço de voice-mail e e-mail
- Possui módulos SugarCRM e Calling Card
- Interface de assistência integrado no sistema
- Possibilidade de integração com o servidor de mensagens instantâneas (Openfire)
- Suporte multilingue

### ***Requisitos mínimos para implementar um sistema PBX Elastix***

Tal como já foi referido noutras secções do documento existem requisitos mínimos para o funcionamento correto do sistema PBX Elastix, nomeadamente a nível do hardware. As especificações seguintes, são relativas a uma das máquinas utilizadas para a implementação do projeto-piloto. No entanto outros equipamentos com especificações diferentes podem ser utilizados, como é o caso do Raspberry Pi.

- PC Pentium IV 2.80 GHz
- 512 MB de memória RAM
- 8 GB de espaço livre no disco rígido
- Drive de CD/DVD para a instalação
- Porta Ethernet 10/100 Mbps
- Switch (nº de portas depende do numero de extensões necessárias)

## Anexo G

O seguinte Anexo representa a informação com a qual o estagiário contribuiu para o desenvolvimento do Caderno de Encargos necessário para a aquisição da nova plataforma de Comunicações VoIP e de novos telefones SIP que serão distribuídos pelos respetivos edifícios da CMC.

### *Cenário existente*

Dos 43 edifícios analisados para a implementação do projeto de comunicações VoIP, foram escolhidos 30 edifícios para este projeto. Os restantes edifícios não farão parte do projeto devido às características dos equipamentos instalados (linhas telefónicas de elevador, MB, etc) e ainda escolas do Concelho que não podem ser integrados na rede VPN do Município. Na tabela seguinte são identificados os 30 edifícios em causa e o número de extensões de cada edifício. A tabela 24 permite assim identificar qual o número de telefones IP que serão necessários adquirir para a realização de comunicações VoIP e os números de canais correspondentes em cada edifício.

Edifício	Nº Extensões	Nº Canais	Edifício	Nº Extensões	Nº Canais
PAÇOS MUNICÍPIO	255	30	AERÓDROMO	4	1
PÁTIO INQUISIÇÃO	96	8	MERCADO	8	2
CASA CULTURA	59	8	POLICIA MUNICIPAL	16	2
ALMEDINA	45	8	COMPLEXO SOLUM	64	4
GTL	24	4	PISCINA R. ABREU	16	2
HABITAÇÃO	40	8	PISCINA L. LOPES	16	2
CHIADO	10	2	SÉRGIO CONCEIÇÃO	8	2
TORRE ALMEDINA	6	2	CASA MIGUEL TORGA	1	1
ALGAR	20	4	ARMAZÉM DA PEDRULHA	4	1
CANIL	4	2	PARQUE MÁQUINAS	4	2
HORTO BOLÃO	14	2	JULGADOS DE PAZ	12	2

EX EDIFÍCIO PSP	26	4	ESTALEIRO DE EIRAS	4	1
CMAS	7	2	CASA da ESCRITA	8	2
PARQUE NÓMADA	2	2	TURISMO - PORTAGEM	1	1
SAPADORES	49	6	DC - Galeria Louzã Henriques - Largo da Portagem	1	1
			<b>TOTAL</b>	<b>824</b>	<b>118</b>

Tabela 26 – Caraterização dos Edifícios

Na maioria destes edifícios as comunicações são realizadas através da utilização de centrais telefónicas (PBX) que encaminham as chamadas e que fazem a ligação para o exterior através da PSTN, tal como está representado pela figura 33. Estas centrais telefónicas têm limitações físicas para a capacidade de chamadas em simultâneo e para o número de extensões que podem ser associadas.

Efetuada a integração do edifício para o sistema de comunicações VoIP, este tipo de equipamentos deixam de ser necessários. De realçar mais uma vez que os custos de mensalidades associadas aos acessos para a realização de comunicações entre estes edifícios e o exterior deixarão também de existir, resultando assim numa poupança imediata para o Município.

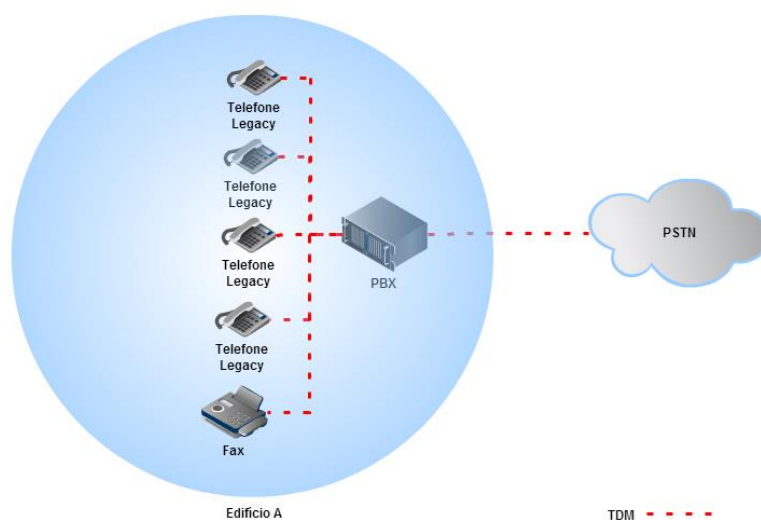


Figura 33 – Caraterização da maioria dos Edifícios da CMC

No edifício Paços do Município existe porém uma central telefónica (PBX) Alcatel 4400 OmniPCX Enterprise que permite a realização das chamadas de voz deste edifício e dos edifícios do Pátio da Inquisição e Casa da Cultura. Devido ao elevado número de extensões destes 3 edifícios é pretendido para a implementação deste projeto uma forma de conseguir interligar esta central telefónica com a nova plataforma de comunicações VoIP (IPBX) para que as comunicações destes edifícios se mantenham em funcionamento.

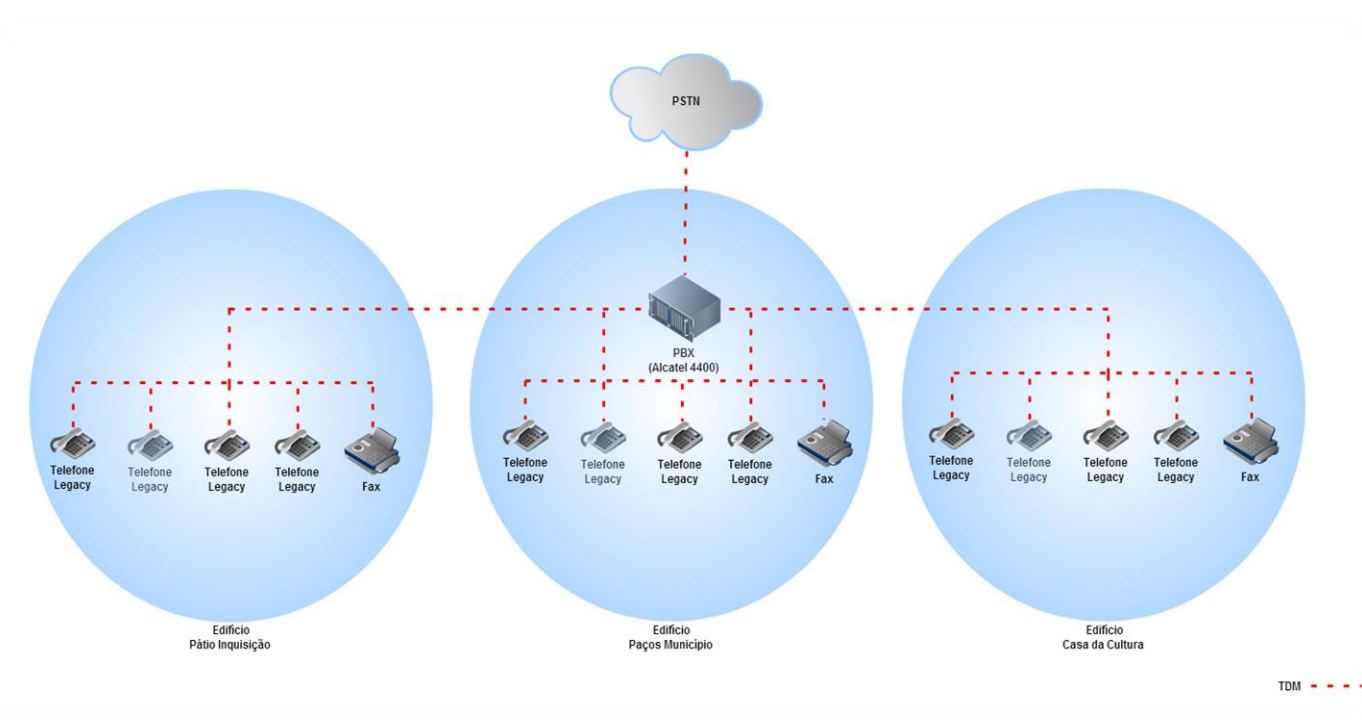


Figura 34 – Caraterização dos Edifícios Paços Município, Pátio Inquisição e Casa da Cultura

## ***Arquitetura Sistema de Comunicações VoIP para a CMC***

A figura 35 ilustra o desenho da Arquitetura pretendida para as comunicações VoIP para a CMC. Através da instalação de um IPBX no edifício Paços Município, todas as comunicações de voz dos restantes edifícios estarão interligadas a este edifício através da rede VPN IP. Devido ao elevado número de extensões existentes no edifício Paços do Município é necessário manter numa primeira fase a utilização da central telefónica (PBX Alcatel 4400) existente no edifício. Importante referir que o IPBX pretendido deve garantir a realização das comunicações para todos os edifícios referidos anteriormente.

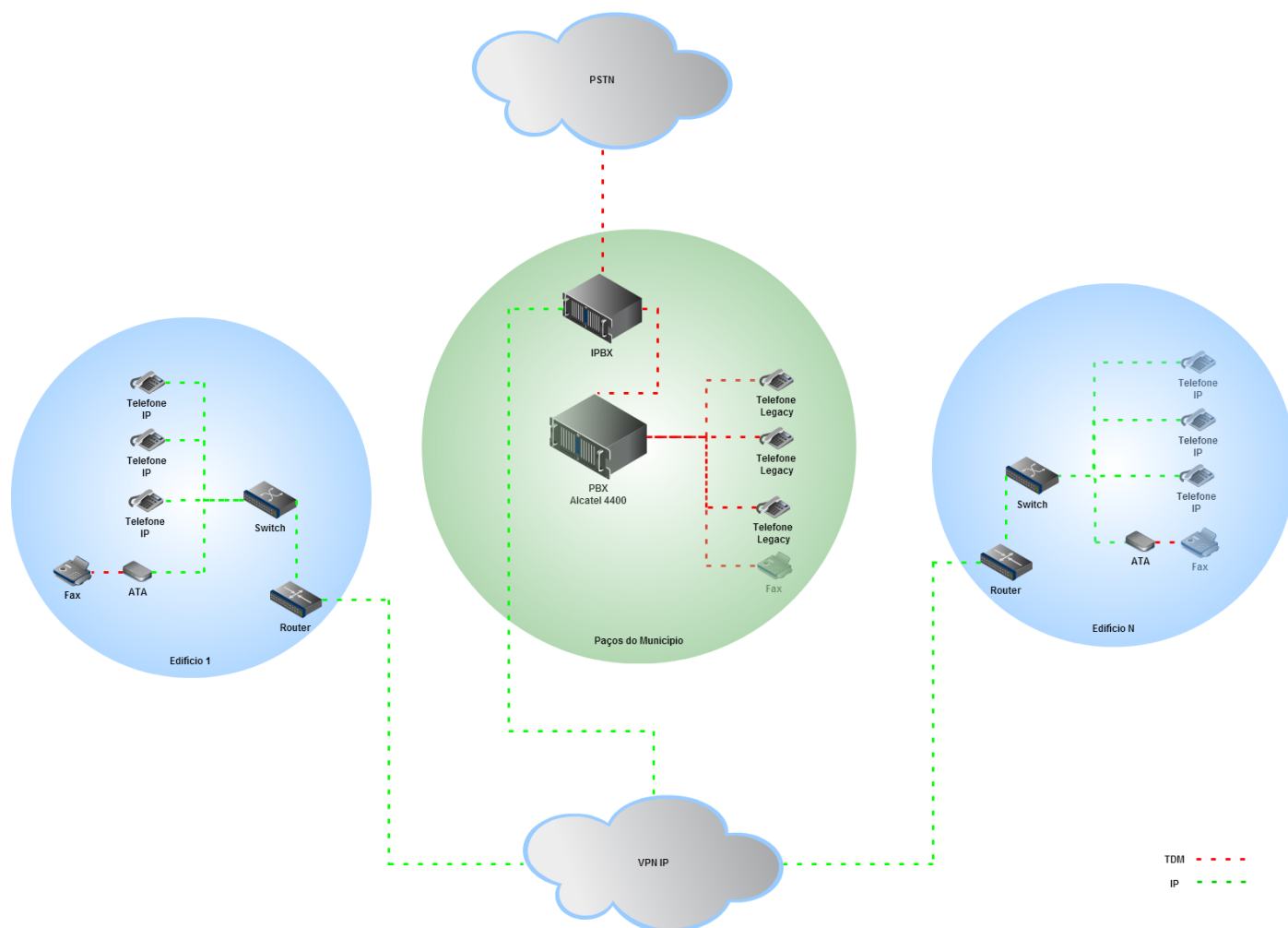


Figura 35 – Arquitetura do Sistema de Comunicações VoIP para a CMC (Cenário de transição)

Como é pretendido que este processo de implementação de comunicações VoIP seja realizado em fases distintas é importante referir que numa fase posterior todos os edifícios analisados terão interligação ao IPBX localizado no edifício Paços do Município bem como a substituição dos telefones *legacy* (telefones analógicos e digitais) por telefones IP. A Figura 36 representa a arquitetura de comunicações VoIP (cenário final) pretendida para a Câmara Municipal de Coimbra.

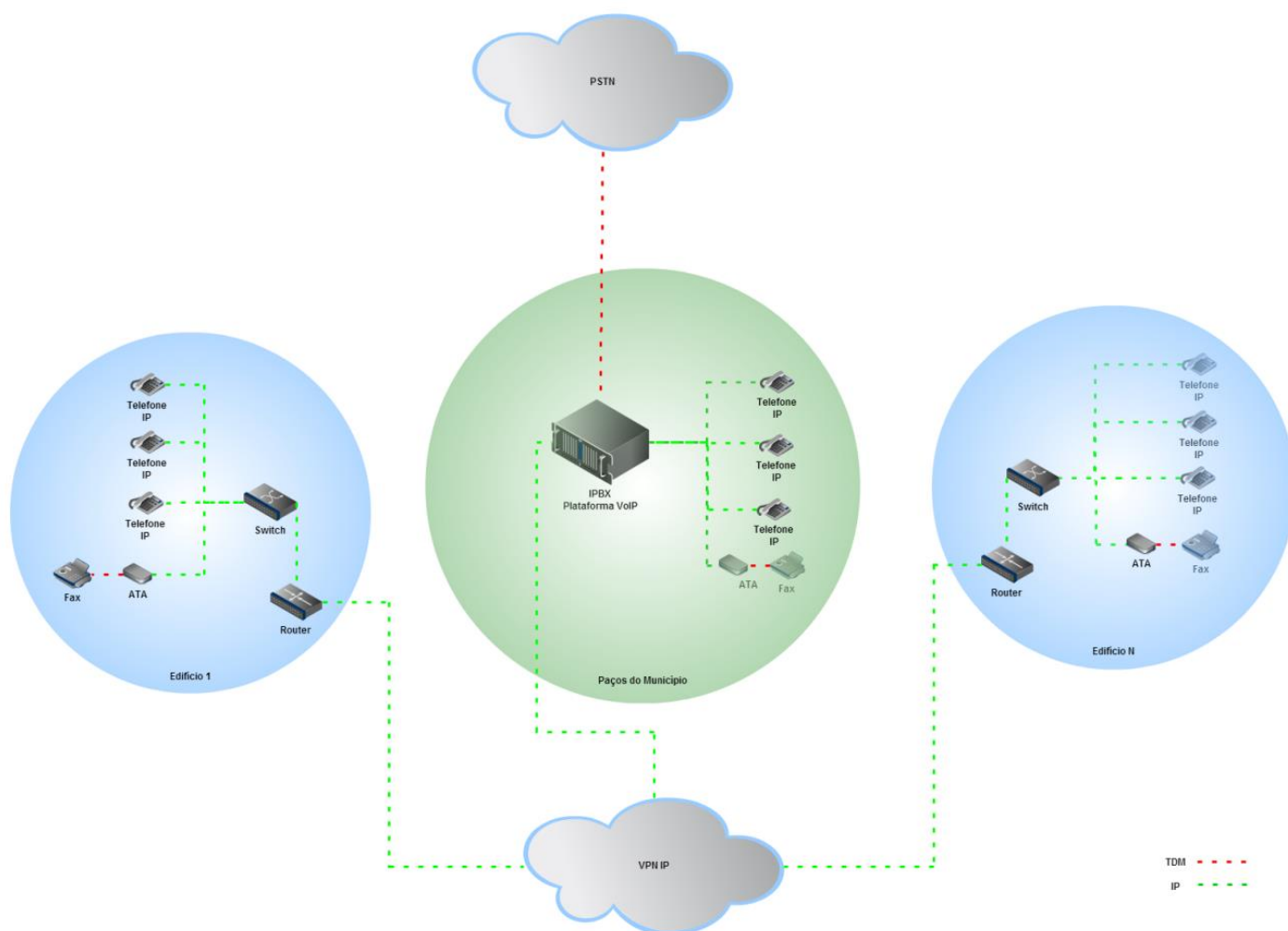


Figura 36 – Arquitetura do Sistema de Comunicações VoIP para a CMC (Cenário Final)

## ***Requisitos da Plataforma e prestação de Serviços***

A plataforma de comunicações VoIP pretendida para a Câmara Municipal de Coimbra deve garantir a realização das comunicações de voz entre todos os edifícios e garantir também uma gestão eficiente dos novos equipamentos de comunicações (telefones IP), bem como outras funcionalidades descritas no seguimento do documento.

### ***Funcionalidades gerais da Plataforma (IPBX)***

As funcionalidades seguintes pretendem ilustrar as funções gerais pretendidas para a nova plataforma de comunicações e requisitos da mesma:

- Funcionalidades de Telefonia gerais: *Follow-Me*, encaminhamento de chamadas, *Do Not Disturb (DND)*, *Call-Forward*;
- Voice-mail;
- IVR – *Interactive Voice Response*;

- Áudio Conferências;
- Condições temporais;
- Lista de contactos;
- Receção e envio de faxes;
- Fax-Server – Email to Fax & Fax to Email;
- Call Center;
- Possibilidade de ligação *SIP Trunks*;
- Registo de telefones via TLS;
- Possibilidade de chamadas suportadas em SRTP;
- Possibilidade de utilização de aplicações Softphone compatíveis com sistemas operativos Microsoft, Apple IOS e Android;
- Licenciamento ilimitado para os seguintes pontos:
  - N.º de extensões/telefones;
  - N.º de utilizadores;
  - N.º de Grupos de utilizadores;
  - N.º de canais de acesso ao exterior;
  - Tipos de canais de acesso ao exterior suportados;
  - N.º de ligações internas e externas em simultâneo;
  - N.º de utilizadores em simultâneo na plataforma web da solução;
  - Outros aspetos da solução sujeitos a licenciamento.
- Todos os licenciamentos inerentes à operacionalização da solução (sistemas operativos, bases de dados, etc.);
- Serão ainda valorizadas outras funcionalidades, tais como:
  - Painel de Operadora/Telefonista;
  - Possibilidade de videoconferência;
  - Outras consideradas relevantes para o Município.

### *Funcionalidades de Gestão*

A plataforma de comunicações deverá, entre outras, incluir as seguintes funcionalidades de gestão:

- Gestão de Extensões;
- Gestão de DDI atribuídos a extensões;
- Gestão e configuração de telefones;
- Gestão de utilizadores;
- Associação de telefone a extensão/utilizador;
- Possibilidade de contabilização de recursos (incluindo tráfego gerado e tempo de utilização) baseados em CDRs (*Call Detail Record*);
- Disponibilização de CDRs para utilização de Software de Taxação e Controlo de Custos;

- Mecanismos que permitam o acesso IP remoto;
- Possibilidade de atualizações remotas do firmware;
- Possibilidade de Condicionamento de acessos/ barramento de chamadas por extensão ou grupo;
- Interação com aplicações e bases de dados;
- Interface de gestão de Voice-mail;
- Integração com Microsoft Active Directory para autenticação de utilizadores;
- Monitorização do estado dos serviços do IPBX e extensões ativas;
- Serão ainda valorizadas as seguintes funcionalidades:
  - Possibilidade de criação de grupos integrados com a Microsoft Active Directory;
  - Notificações de erros e falhas do sistema (IPBX, circuitos internos e externos);
  - Sistema de *Accounting* e *Billing*.

### *Funcionalidades de Telefonia*

Os pontos seguintes são referentes às funcionalidades de telefonia da plataforma através da utilização dos novos telefones IP:

- Encaminhamento de chamadas para outra extensão/número (*Call Forward*);
- Encaminhamento de chamadas para outra extensão/número após alguns toques (*Call Follow-me*);
- Voice-mail no telefone;
- Reencaminhamento de Voice-mail para o Email;
- Possibilidade de um utilizador ter várias extensões;
- Definição das permissões de chamadas por utilizador (exemplo: internas, nacional, internacional);
- *Interactive Voice Response* (IVR);
- Audioconferência;
- *Pickup* de chamadas;
- *Do Not Disturb* (DND), possibilidade de encaminhar diretamente a chamada para o Voice-mail;
- Música em Espera;
- Condições Temporais: as chamadas devem ser tratadas de forma diferente conforme a hora do dia;
- Identificação de chamadas (nome do emissor);
- Serão ainda valorizadas as seguintes funcionalidades:
  - Possibilidade de agendar Conferências (áudio e vídeo).



## *Outros requisitos*

Os pontos seguintes são referentes a requisitos essenciais técnicos/tecnológicos que devem ser incluídos na proposta a apresentar.

- Descrição detalhada da solução tecnológica proposta;
- Detalhe da capacidade de evolução/escalabilidade da solução;
- Plano de formação para um mínimo de x utilizadores com perfil de administração e y utilizadores com perfil “normal”;
- Plano de implementação;
- Requisitos para a operacionalização da solução e respetivas responsabilidades (Município e/ou empresa), incluindo de infraestrutura de rede e QoS;
- Custos unitários de cada componente da solução e serviços propostos;
- Descrição detalhada da prestação de serviços de manutenção e assistência, incluindo limites de intervenções, limites temporais, custos fixos anuais e custos unitários adicionais;
- Descrição da metodologia de cópia de segurança;
- Deverá permitir a implementação de solução de tolerância a falhas e *Disaster Recovery* – detalhadamente descrita e com estimativa de custos de fornecimento e implementação;
- Descrição da capacidade máxima da solução (N.º de extensões/telefones, N.º de utilizadores, N.º de Grupos de utilizadores, N.º de canais de acesso ao exterior, Tipos de canais de acesso ao exterior suportados, N.º de ligações internas e externas em simultâneo, N.º de utilizadores em simultâneo na plataforma web da solução, etc.).

## *Prestação de Serviços*

O acesso à nova plataforma deverá ser realizado através de um portal WEB de uma forma simples intuitiva para que a gestão seja possível de realizar pelos efetivos da Divisão Sistemas Informação da Câmara Municipal de Coimbra (DSI – Divisão Sistemas Informação).

De forma a adquirir os conhecimentos necessários para o correto funcionamento da plataforma pretende-se que sejam efetuadas sessões de formação para a nova plataforma de comunicações. Esta plataforma deve assim assegurar dois perfis de utilizador com diferentes permissões. Permissões de utilizador comum (User) e permissões de administrador (administrador do DSI – Divisão Sistemas Informação).

Para além das funcionalidades anteriormente descritas é importante realçar que a plataforma tem de ser totalmente segura para que não sofra “ataques” indesejados.

## ***Equipamentos a adquirir (Telefones IP)***

De forma a garantir no futuro o correto funcionamento das comunicações de voz da Câmara Municipal de Coimbra será necessário adquirir novos equipamentos, nomeadamente telefones IP. Será assim necessário que seja incluído na proposta, sugestões de telefones IP com os requisitos mínimos apresentados nos pontos seguintes. Os equipamentos sugeridos devem ter em conta os fatores qualidade/preço e funcionalidades. Outro requisito é a possibilidade de utilizar a mesma tomada de rede tanto para os telefones IP como para computadores, tal como está representado na Figura 37, ligando o computador à porta PC do telefone IP. [25]

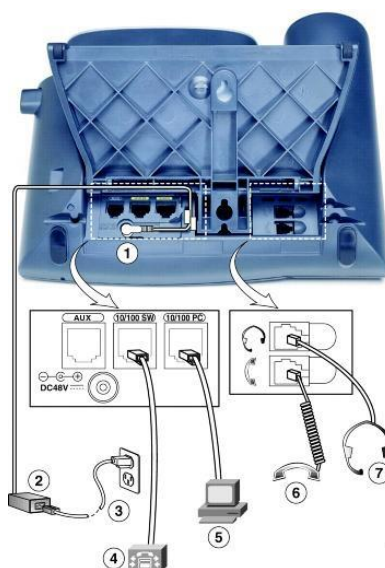


Figura 37 – Esquema de ligação de um telefone IP

## ***Entrada de Gama***

Este tipo de equipamento representa a maioria dos telefones a adquirir, representando 90% dos telefones para cada edifício.

- LCD gráfico de pequena dimensão (exemplo: 128x40);
- Capacidade de áudio HD, sistema de mãos livres e sistema de *echo cancellation*;
- Registo das chamadas recebidas e perdidas;
- Auto provisionamento por FTP/TFTP/HTTP;
- SRTP/HTTPS/TLS, VLAN, QoS;
- Suporte de Protocolos SIP v1 (RFC2543), v2 (RFC3261);
- Suporte de Codecs G.711, G.723.1, G.726, G.729AB, G.722;
- Atribuição IP: Estático / DHCP / PPPoE em qualquer das portas disponíveis no equipamento;

- 2 portas Ethernet RJ45 10/100Mbps – uma para ligar à infraestrutura de rede e outra a outro dispositivo terminal de rede (PC);
- Adaptador de energia adequado (preço unitário, se opcional);
- Capacidade de PoE (preço unitário de adaptador de PoE, se opcional);
- Funcionalidades *Call waiting, call transfer, call forward, call pickup*;
- Ajuste de volume e possibilidade de selecionar diferentes toques de chamada.

### *Média Gama*

Este tipo de equipamento poderá representar entre 9% e 10% dos telefones de cada edifício e devem seguir os seguintes requisitos.

- LCD gráfico de média dimensão (exemplo: 320x160 com 4 níveis de tons de cinzento);
- Capacidade de áudio HD, sistema de mãos livres e sistema de *echo cancellation*;
- Registo das chamadas recebidas e perdidas;
- Auto provisionamento por FTP/TFTP/HTTP;
- SRTP/HTTPS/TLS, VLAN, QoS;
- Suporte de Protocolos SIP v1 (RFC2543), v2 (RFC3261);
- Suporte de Codecs G.711, G.723.1, G.726, G.729AB, G.722;
- Atribuição IP: Estático/DHCP/PPPoE
- 2 portas Ethernet RJ45 10/100Mbps;
- Adaptador de energia adequado (preço unitário, se opcional);
- Capacidade de PoE (preço unitário de adaptador de PoE, se opcional);
- Funcionalidades *Call waiting, call transfer, call forward, call pickup*;
- Ajuste de volume e possibilidade de selecionar diferentes toques de chamada;
- Teclas programáveis para diferentes funcionalidades (cerca de 16 teclas ou superior).

### *Topo de Gama*

Este tipo de equipamento pode ser utilizado para o gabinete do Presidente da Câmara e alguns cargos de Diretores ou Chefias.

- LCD gráfico de média dimensão (exemplo: 4.3” TFT-LCD, 480 x 272 pixel, cores 16.7M);
- Capacidade de áudio HD, sistema de mãos livres e sistema de *echo cancellation*;
- Registo das chamadas recebidas e perdidas;
- Auto provisionamento por FTP/TFTP/HTTP;
- SRTP/HTTPS/TLS, VLAN, QoS;

- Suporte de Protocolos SIP v1 (RFC2543), v2 (RFC3261);
- Suporte de Codecs G.711, G.723.1, G.726, G.729AB, G.722;
- Atribuição IP: Estático/DHCP/PPPoE
- 2 portas Ethernet RJ45 10/100Mbps;
- Adaptador de energia adequado (preço unitário, se opcional);
- Capacidade de PoE (preço unitário de adaptador de PoE, se opcional);
- Funcionalidades *Call waiting, call transfer, call forward, call pickup*;
- Ajuste de volume e possibilidade de selecionar diferentes toques de chamada;
- Teclas programáveis para diferentes funcionalidades (cerca de 16 teclas ou superior).

### *Telefonista*

Estes tipos de equipamentos podem ser necessários para alguns edifícios onde será necessário uma telefonista que possa atender e encaminhar as chamadas.

- LCD gráfico de média dimensão (exemplo: 320x160 *com 4-8 níveis de tons de cinzento*);
- Capacidade de áudio HD, sistema de mãos livres e sistema de *echo cancellation*;
- Registo das chamadas recebidas e perdidas;
- Auto provisionamento por FTP/TFTP/HTTP;
- SRTP/HTTPS/TLS, VLAN, QoS;
- Suporte de Protocolos SIP v1 (RFC2543), v2 (RFC3261);
- Suporte de Codecs G.711, G.723.1, G.726, G.729AB, G.722;
- Atribuição IP: Estático/DHCP/PPPoE
- 2 portas Ethernet RJ45 10/100Mbps;
- Adaptador de energia adequado (preço unitário, se opcional);
- Capacidade de PoE (preço unitário de adaptador de PoE, se opcional);
- Funcionalidades *Call waiting, call transfer, call forward, call pickup*;
- Ajuste de volume e possibilidade de selecionar diferentes toques de chamada;
- Teclas programáveis para diferentes funcionalidades (cerca de 16 teclas ou superior).

## **Conclusões**

Todas as propostas devem garantir os requisitos descritos neste documento e todas as funcionalidades pretendidas. Todas as funcionalidades e soluções de implementação da plataforma devem ser descritas detalhadamente.

A proposta apresentada deve incluir para além da plataforma um Servidor eficiente e escalável para que este possa interligar as comunicações de todos os edifícios da Câmara Municipal de Coimbra. De forma a garantir que esta nova plataforma de comunicações se torne rentável e possa reduzir os custos de comunicações é importante realçar que propostas que necessitem de licenciamentos e custos adicionais elevados não deverão ser consideradas.

Pretende-se adquirir uma plataforma de comunicações inovadora, eficiente e que possa ser gerida de uma forma eficiente pelos efetivos da Divisão de Informática da Câmara Municipal de Coimbra DSI<sup>17</sup>. Este requisito não descarta um contrato de manutenção que assegure o total funcionamento da plataforma.

Para além da proposta de aquisição da plataforma de comunicações VoIP é necessário que a empresa adjudicada se responsabilize pela instalação e realização de testes de comunicações no local de instalação, de forma a garantir o correto funcionamento de todas as funcionalidades da plataforma.

---

<sup>17</sup> DSI - Divisão de Sistemas Informação.

## Anexo de Figuras e Tabelas

Parâmetros	Tamanho (bits)	Descrição
<b>V (Version)</b>	2	Indica a versão de RTP
<b>P (Padding)</b>	1	Se for igual a um, indica que o último byte no pacote tem um contador que indica quantos bytes foram adicionados.
<b>X (Extension)</b>	1	Indica a extensão. As extensões são definidas para certos tipos de dados.
<b>CC (CSRC Count)</b>	4	Indica o número de identificadores de origem. Este campo é apenas usado com misturadores que recebem diversos fluxos RTP e enviam apenas um.
<b>M (Marker)</b>	1	O Marker é utilizado para indicar o início de uma frame de vídeo ou o início de uma conversa do tipo intermitente com suspensão de silêncio.
<b>PT (Payload Type)</b>	7	Identifica o formato do payload do pacote RTP e define o codec usado.
<b>SN (Sequence Number)</b>	16	Permite a identificação do pacote, para a que a aplicação de destino detete se houve ou não perda de pacotes. O valor inicial é aleatório para dificultar ataques sobre o código encriptado.

Tabela 27 – exemplos de campos existentes numa mensagem do protocolo RTP [1]

	<b>H.323</b>	<b>SIP</b>
<b>Descrição</b>	O H.323 é um protocolo de comunicações que foi desenvolvido pela ITU-T no qual estão definidos um grupo de protocolos para comunicações de áudio e vídeo numa rede de computadores. Em comparação com o SIP o H.323 é mais antigo e mais complexo que o SIP, que apesar de ainda ser bastante utilizado tem sido ultrapassado pelo SIP na sua utilização como protocolo standard para comunicações VoIP.	O SIP é um protocolo desenvolvido pela IETF para estabelecer comunicações VoIP. Muito semelhante ao HTTP, tanto ao nível da semântica como da sintaxe. Sendo um protocolo aberto e bastante flexível ao contrário do protocolo standard H.323.
<b>Arquitetura</b>	Monolítica	Modular
<b>Componentes</b>	Terminal/Gateway Gatekeeper	User Agent Servidores
<b>Protocolos usados</b>	RAS/Q.931 H.245	SIP SDP
<b>Escalabilidade</b>		
<b>Manipulação de grandes quantidades de chamadas.</b>	Sim	Sim
<b>Modo de conexão</b>	Statefull ou Stateless	Statefull ou Stateless
<b>Segurança</b>		
<b>Autenticação/Encriptação</b>	Sim, através do H.235 (SRTP, TLS, IPSec)	Sim, através do HTTP, SSL, PGP S/MIME
<b>Interoperabilidade</b>	Elevada	Elevada
<b>Protocolo de transporte</b>	UDP ou TCP	UDP ou TCP
<b>Codificação de Mensagens</b>	Binário	ASCII
<b>Modo de Endereçamento</b>	Endereço URL e números E.164	Endereço URL
<b>Conferências Multimédia</b>	Sim	Não
<b>Nº de portos utilizados numa videoconferência</b>	Três (Sinalização de chamadas, RTP e RTCP)	Três (SIP, RTP e RTCP)

Tabela 28 – SIP vs H323 [1][32]

Produto	Tipo	Utilização
3CX PBX	Windows-based PBX software	<a href="#">NBE Gateway</a>
Aastra 800	Communication System for SMB	<a href="#">PSTN Interface Boards and Gateways</a>
Asterisk	Open Source PBX software (Linux)	<a href="#">PSTN Interface Boards and Gateways</a>
PBXWare	PBX appliance	<a href="#">PSTN Interface Boards and Gateways</a>
Brekeke PBX	Windows and Linux PBX Software	<a href="#">NBE Gateway</a>
CallFlex Manager	PBX appliance	<a href="#">PSTN Interface Boards and Gateways</a>
Centuri Messenger	Unified Communications	<a href="#">NBE Gateway</a>
Denwa	Softswitch	<a href="#">PSTN Interface Boards and Gateways</a>
Dialexia PBX	Windows-based PBX software and appliance	<a href="#">NBE Gateway</a>
Easy Platform	PBX platforms	<a href="#">PSTN Interface Boards and Gateways</a>
Ameyo IVR System	IPBX	<a href="#">PSTN Interface Boards and Gateways</a>
Elastix	Open Source PBX software (Linux)	<a href="#">PSTN Interface Boards and Gateways</a>
TrixBx CE, PRO; PBXtra	Linux-based PBX software and Appliances	<a href="#">PSTN Interface Boards and Gateways</a>
FreeSwitch	Open Source PBX software (Linux)	<a href="#">PSTN Interface Boards and Gateways</a>



VoiceGear Skype Gateway	Skype-to-PBX Gateway appliance	<a href="#">PSTN Interface Boards and Gateways</a>
Interaction Gateway®	A powerful gateway for SIP-based telephony systems	<a href="#">PSTN Interface Boards and Gateways</a>
OCS, ResponsePoint	Unified Comm Software	<a href="#">NBE Gateway</a>
Custom Solutions	IPBX	<a href="#">PSTN Interface Boards and Gateways</a>
snom ONE	IPBX Telephone System	<a href="#">PSTN Interface Boards and Gateways</a>
PrettyMay Skype PBX and Skype PBX Gateway	Skype PBX and Skype-to-PBX gateway	<a href="#">PSTN Interface Boards and Gateways</a>
Schmooze Communications	PBX software and Appliances	<a href="#">PSTN Interface Boards and Gateways</a>
ScopServ	PBX software and Appliances	<a href="#">PSTN Interface Boards and Gateways</a>
Thirdlane Multi-Tenant PBX, Thirdlane PBX	Open Source PBX software (Linux)	<a href="#">PSTN Interface Boards and Gateways</a>

Tabela 29 – Lista de soluções IPBX segundo a página oficial da Sangoma [38]

Edifício	Tipo de Acesso	Central Telefónica	Extensões Digitais Vagas / Total	Extensões Analógicas Vagas / Total
Chiado	1 AB	Siemens	0 / 7	0 / 3
Torre de Almedina	1 AB	Elmeg	0 / 0	1 / 6
Canil	1 AB	Central PT RDIS	0 / 0	0 / 4
Horto Bolão	1 AB	Elmeg	4 / 6	3 / 5
CMAS	1 AB	Elmeg	0 / 0	0 / 6
Mercado	1 AB	Siemens	0 / 0	0 / 8
Polícia Municipal	1 AB	Matra	0 / 10	0 / 6
Piscina R. Abreu	1 AB	Alcatel	2 / 4	5 / 12
Piscina L. Lopes	1 AB	Alcatel	2 / 4	6 / 12
Sérgio Conceição	1 AB	Detewe	1 / 2	1 / 6
Largo Fornalhinha	1 AB	Alcatel	3 / 4	12 / 16
Parque Máquinas	1 AB	Central PT RDIS	--	1 / 4
Julgados da Paz	1 AB	Alcatel	0 / 4	0 / 8
GTL	2 AB	Alcatel	3 / 8	6 / 16
Algar	2 AB	Alcatel	0 / 4	3 / 16
Ex Edifício PSP	2 AB	Alcatel	0 / 8	0 / 16
Complexo Solum	2 AB	Alcatel	0 / 16	6 / 48
Sapadores (Polícia Municipal)	3 AB	Beltrónica	1 / 3	14 / 46
Dogim	4 AB	Alcatel	1 / 16	5 / 80
Casa Cultura	4 AB	Alcatel	4 / 8	7 / 51
Almedina	4 AB	Alcatel	2 / 5	12 / 40
Habitação	4 AB	Alcatel	0 / 7	12 / 33
Paços Município	Acesso Primário	Alcatel	23 / 104	10 / 112
Casa Aninhas	Ligado ao P. M.	Ligado ao P.M.	2 / 15	1 / 24
Parque Nómada	--	--	0 / 0	0 / 0

<b>Aeródromo</b>	0	Siemens	0 / 0	0 / 4
<b>Casa Miguel Torga</b>	--	--	0 / 0	0 / 0
<b>Armazém da Pedrulha</b>	--	--	0 / 0	0 / 0
<b>Estaleiro de Eiras</b>	--	--	--	--

Tabela 30 – Parque de Telefonia existente na CMC

	CENTRAL TELEFÓNICA	LINHAS REDE	EXT. DIGITAIS VAGAS	EXT. DIGITAIS OCUPADAS	TOTAL DIGITAIS	EXT. ANALOG VAGAS	EXT. ANALOG OCUPADAS	TOTAL ANALÓGICAS
PAÇOS MUNICÍPIO	Alcatel 4400 OmniPCX Enterprise	A. primário	23	81	104	10	102	112
CASA ANINHAS	--		2	13	15	1	23	24
DOGIM	Alcatel OmniPCX Enterprise	4 AB	1	15	16	5	75	80
CASA CULTURA	Alcatel OmniPCX Enterprise	4 AB	4	4	8	7	44	51
ALMEDINA	Alcatel Office 4200	4 AB	2	3	5	12	28	40
GTL	Alcatel OmniPCX	2 AB	3	5	8	6	10	16
HABITAÇÃO	Alcatel Office Point 4200	4 AB	0	7	7	12	21	33
CHIADO	Siemens Hicon 150E	1 AB	0	7	7	0	3	3
TORRE ALMEDINA	Elmeg C46XE	1 AB	0	0	0	1	5	6
ALGAR	Alcatel OmniPCX	2AB	0	4	4	3	13	16
CANIL	Central PT RDIS	1AB	0	0	0	0	4	4
HORTO BOLÃO	Elmeg T484	1 AB	4	2	6	3	5	8
EX EDIFÍCIO PSP	Alcatel OmniPCX	2 AB	0	8	8	0	16	16
CMAS	Elmeg ICT	1AB	0	0	0	0	6	6
PARQUE NÓMADA	--				0			0
SAPADORES	Beltrónica	3AB	1	2	3	14	32	46
AERÓDROMO	Siemens Euroset Line 4	0	0	0	0	0	4	4
MERCADO	Siemens Série	1 AB	0	0	0	0	8	8
POLICIA MUNICIPAL	Matra M6501C	1 AB	0	10	10	0	6	6
COMPLEXO SOLUM	Alcatel OmniPCX OXO	2AB	0	16	16	6	42	48
PISCINA R. ABREU	Alcatel OmniPCX Office	1AB	2	2	4	5	7	12
PISCINA L. LOPES	Alcatel OmniPCX	1AB	2	2	4	6	6	12
SÉRGIO CONCEIÇÃO	Detewe	1AB	1	1	2	1	5	6
LARGO FORNALHINHA	Alcatel Office 4200	1 AB	3	1	4	12	4	16
CASA MIGUEL TORGA	--				0			0
ARMAZÉM DA PEDRULHA	--				0			0
PARQUE MÁQUINAS	Central PT RDIS	1 AB				1	3	4
JULGADOS DE PAZ	Alcatel OmniPCX	1 AB	0	4	4	0	8	8
ESTALEIRO DE EIRAS								

Tabela 31 – Parque de telefonia atual da CMC

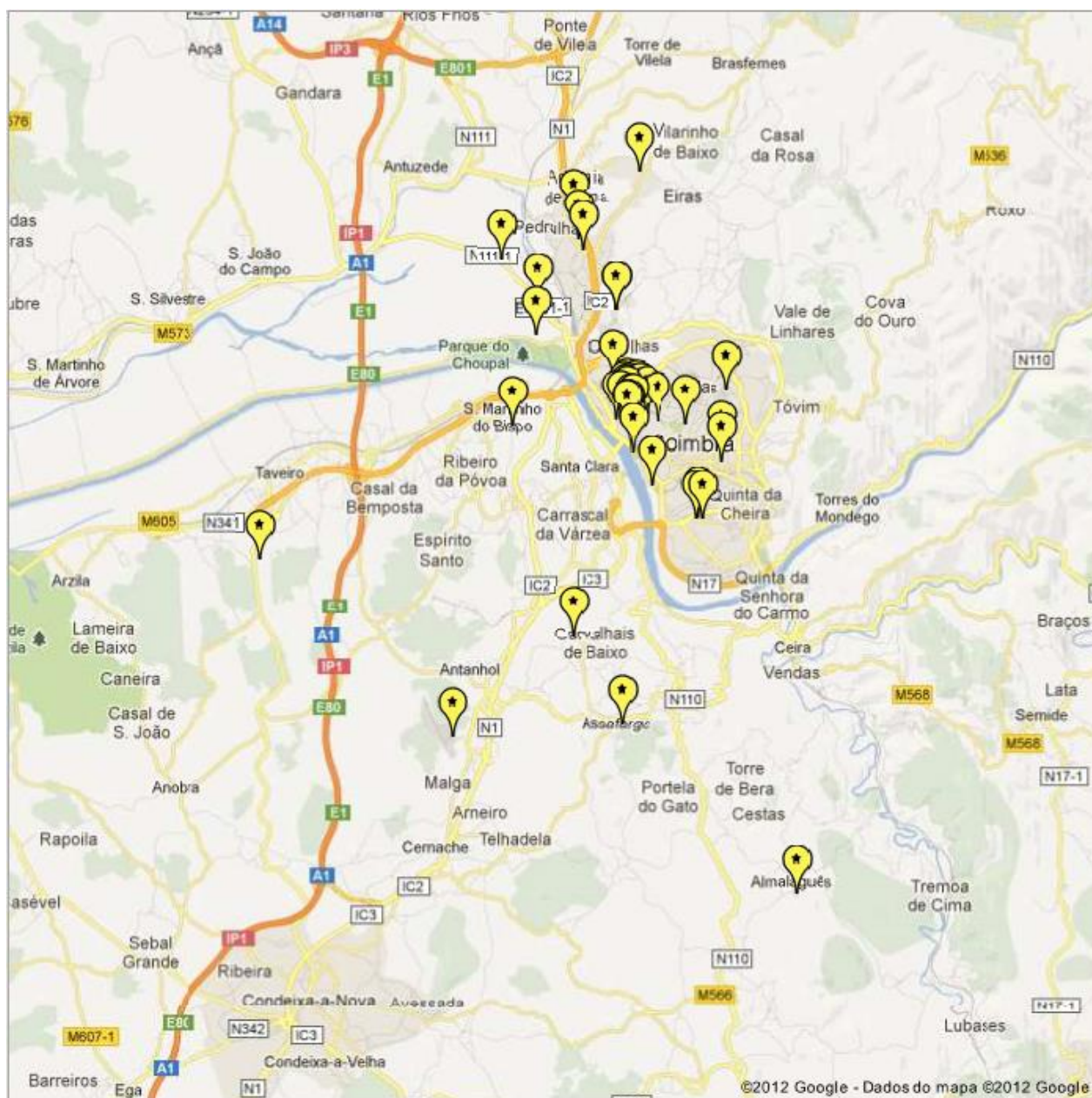


Figura 38 – mapa com a localização dos edifícios da CMC

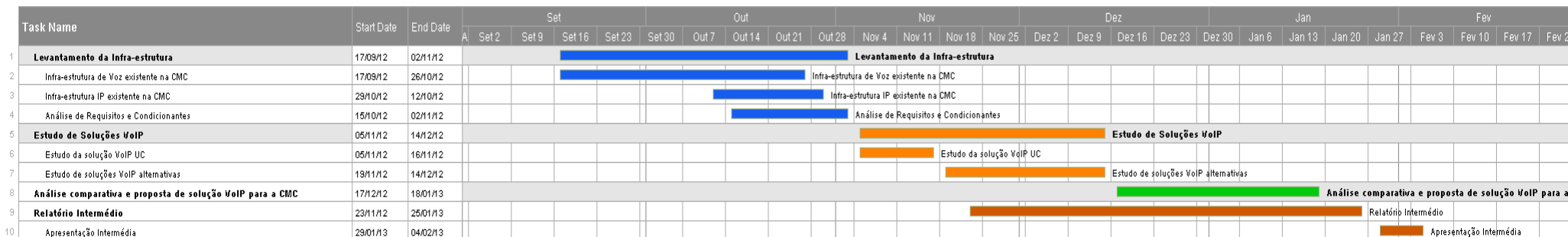


Figura 39 – Diagrama de Gantt 1º Semestre

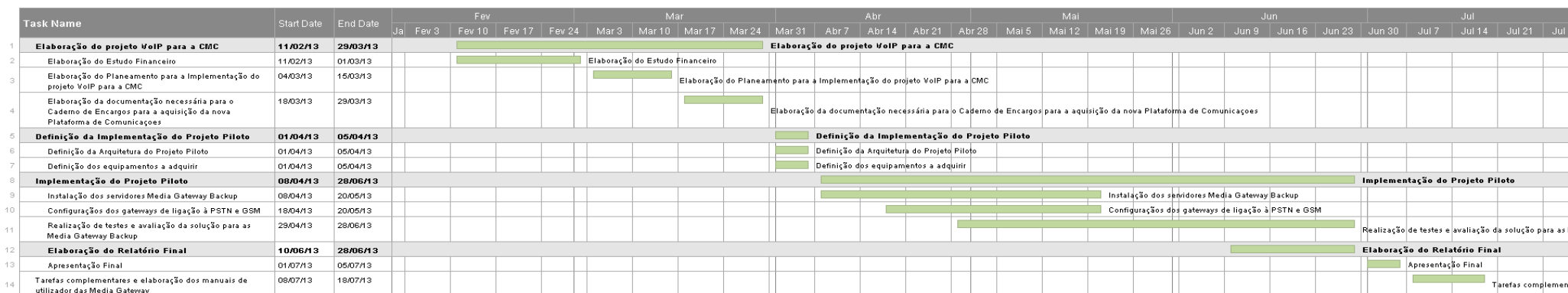


Figura 40 – Diagrama de Gantt 2º Semestre

ID Edifício	Edifícios	Qt. Extensões	PBX (Marca/Modelo)	Cenário Atual					Novo Cenário			Investimento Necessário	
				Descrição	Tipo/Serviço	Acesso	N.º Canais	Custo Mensal (Para 6 meses)	Total (6 meses)	Novo Total (6 meses)	Diferença (Poupança)	Telefones IP (sem IVA) e	
												ATA	Switching
1	<b>PAÇOS MUNICIPAL</b>	255	Alcatel 4400 OmniPCX Enterprise	Geral PBX	AP C/ DDI	1 PRI	30	2 497,46 €	2 846,55 €	994,40 €	1 852,15 €	14 553,00 €	2 550,00 €
	GRM - Casa Aninhas	1		GRM - Casa Aninhas	Fax			93,24 €	93,26 €	0,00 €	93,26 €	33,63 €	10,00 €
	Elevador Casa Aninhas			Elevador Casa Aninhas	Telefone Elevador			93,24 €	93,24 €	93,24 €	0,00 €	- €	- €
	Gab. Apoio à Presidência - Paços do M	1		Gab. Apoio à Presidência - Paços do Município	Fax			93,24 €	93,24 €	0,00 €	93,24 €	33,63 €	10,00 €
	Turismo - Casa Aninhas	1		Turismo - Casa Aninhas	Fax			103,86 €	103,86 €	0,00 €	103,86 €	33,63 €	10,00 €
	Assembleia Municipal - Paços Municíp	1		Assembleia Municipal - Paços Município	Fax			103,86 €	103,86 €	0,00 €	103,86 €	33,63 €	10,00 €
	Paços do Município			Paços do Município	Linha Verde			204,00 €	204,00 €	204,00 €	0,00 €	- €	- €
2	<b>DOGIM</b>	96	Alcatel OmniPCX Enterprise	DOGIEM - Div de Equipamentos e Edifícios- Pátio Inquisição	AB C/ DDI	4 BRI	8	835,32 €	928,82 €	86,76 €	842,06 €	5 553,60 €	960,00 €
	DRH - Dogim	1		DRH - Dogim	Fax			93,24 €	93,24 €	0,00 €	93,24 €	33,63 €	10,00 €
	Departamento Jurídico - Pátio da Inqu	1		Departamento Jurídico - Pátio da Inquisição	Fax			103,86 €	103,86 €	0,00 €	103,86 €	33,63 €	10,00 €
	PA Inquisição	1		DOGIM	Fax			93,24 €	93,64 €	0,00 €	93,64 €	33,63 €	10,00 €
3	<b>CASA CULTURA</b>	59	Alcatel OmniPCX Enterprise	DC - Casa Municipal da Cultura	AB C/ DDI	4 BRI	8	777,46 €	839,77 €	28,92 €	810,85 €	3 459,40 €	590,00 €
	CASA CULTURA	1		DC - Casa Municipal da Cultura	Telefone Relog. Ponto			103,86 €	103,86 €	0,00 €	103,86 €	- €	- €
	CASA CULTURA	1		DC - Casa Municipal da Cultura	Fax			93,24 €	93,24 €	0,00 €	93,24 €	33,63 €	10,00 €
4	<b>ALMEDINA</b>	45	Alcatel Office 4200	Gabinete Centro Histórico	AB S/ DDI	4 BRI	8	748,54 €	790,74 €	0,00 €	790,74 €	2 667,00 €	450,00 €
	Almedina - Gabinete Centro Histórico	1		Gabinete Centro Histórico - Almedina	Fax			93,24 €	93,61 €	0,00 €	93,61 €	33,63 €	10,00 €
5	<b>GTL</b>	24	Alcatel OmniPCX	DC - Casa das Canetas - Quebra Costas	AB C/ DDI	2 BRI	4	216,05 €	270,45 €	28,92 €	241,53 €	1 478,40 €	240,00 €
6	<b>HABITAÇÃO</b>	40	Alcatel Office Point 4200	DH - Rua da Sofia	AB C/ DDI	4 BRI	8	777,46 €	918,85 €	28,92 €	889,93 €	2 384,00 €	400,00 €
7	<b>CHIADO</b>	10	Siemens Hicon 150E	DC - Museu da Cidade	AB S/ DDI	1 BRI	2	187,12 €	277,80 €	0,00 €	277,80 €	686,00 €	100,00 €
8	<b>TORRE ALMEDINA</b>	6	Elmeg C46XE	DC - Torre de Almedina	AB S/ DDI	1 BRI	2	187,12 €	204,17 €	0,00 €	204,17 €	459,60 €	60,00 €
9	<b>ALGAR</b>	20	Alcatel OmniPCX	DAQV - Algar - Instalações do Algar	AB C/ DDI	2 BRI	4	403,22 €	549,32 €	28,92 €	520,40 €	1 252,00 €	200,00 €
	ALGAR			DAQV - Algar - Carvalhais de Baixo	ADSL			93,24 €	93,24 €	93,24	0,00 €	- €	- €
	ALGAR	1		DAQV - Algar - Oficinas Qualidade do Ar	Fax			93,24 €	93,24 €	0,00 €	93,24 €	33,63 €	10,00 €
10	<b>CANIL</b>	4	Central PT RDIS	DAQV - SMV	AB S/ DDI	1 BRI	2	187,12 €	225,69 €	0,00 €	225,69 €	346,40 €	40,00 €
11	<b>HORTO BOLÃO</b>	14	Elmeg T484	DAQV - DPJ - Campos do Bolão	AB S/ DDI	1 BRI	2	187,12 €	221,93 €	0,00 €	221,93 €	912,40 €	140,00 €
12	<b>EX EDIFÍCIO PSP</b>	24	Alcatel OmniPCX	DDSFE - Ação Social	AB C/ DDI	2 BRI	4	403,22 €	529,19 €	28,92 €	500,27 €	1 478,40 €	240,00 €
	PSP - DDSFE - Rede Social	1		DDSFE - Rede Social	Telefone			103,86 €	110,10 €	0,00 €	110,10 €	54,00 €	10,00 €
	PSP - Comissão de protecção de Crianças e Jovens			CPCJ - Edifício PSP - Faturação DIRC	Telefone / ADSL			103,86 €	114,61 €	114,61 €	0,00 €	- €	- €
	PSP - Divisão da Acção Social	1		CPCJ - Edifício PSP	Fax			93,24 €	93,24 €	0,00 €	93,24 €	33,63 €	10,00 €
	PSP - Comissão de protecção de Crian	1		CPCJ - Edifício PSP	Telefone			103,86 €	135,21 €	0,00 €	135,21 €	54,00 €	10,00 €
13	<b>CMAS</b>	6	Elmeg ICT	DH - CMAS - Bairro da Rosa	AB C/ DDI	1 BRI	2	216,05 €	363,91 €	28,92 €	334,99 €	459,60 €	60,00 €
	Projeto Trampolim	1		DH - Proj. Trampolim - Bairro da Rosa	Telefone			103,86 €	109,68 €	0,00 €	109,68 €	54,00 €	10,00 €
14	<b>PARQUE NÓMADA</b>	1		PARQUE NOMADA / CENTRO SOCIAL	Telefone		1	103,86 €	117,89 €	0,00 €	117,89 €	54,00 €	10,00 €
	PARQUE NÓMADA	1		PARQUE NOMADA / CENTRO SOCIAL	Telefone		1	103,86 €	119,81 €	0,00 €	119,81 €	54,00 €	10,00 €
15	<b>SAPADORES</b>	49	Beltrónica	Companhia Bombeiros Sapadores	AB C/ DDI	3 BRI	6	619,27 €	755,76 €	57,84 €	697,92 €	2 893,40 €	490,00 €
	SAPADORES - C.M. Protecção Civil			Companhia Bombeiros Sapadores - Desfibrilhador	Desfibrilhador			93,24 €	93,24 €	93,24	0,00 €	- €	- €
	SAPADORES - C.M. Protecção Civil	1		Serviço Protecção Civil	Telefone			103,86 €	103,86 €	103,86	0,00 €	0,00 €	0,00 €
	SAPADORES	1		Companhia Bombeiros Sapadores	Telefone			93,24 €	93,24 €	93,24	0,00 €	0,00 €	0,00 €
16	<b>AERÓDROMO</b>	4	Siemens Euroset Line 4	Aeródromo Municipal - Cernache	Telefone	sem info	1	182,68 €	183,66 €	0,00 €	183,66 €	346,40 €	40,00 €
	Aeródromo Municipal - Cernache	1		Aeródromo Municipal - Cernache	Fax			93,24 €	93,24 €	0,00 €	93,24 €	33,63 €	10,00 €
17	<b>MERCADO</b>	8	Siemens Série	Mercado D Pedro V	AB S/ DDI	1 BRI	2	187,12 €	219,17 €	0,00 €	219,17 €	572,80 €	80,00 €
	Mercado D. Pedro V - Elevadores			Mercado D Pedro V - Elevador	Telefone Elevador			93,24 €	93,24 €	93,24	0,00 €	- €	- €
18	<b>POLICIA MUNICIPAL</b>	16	Matra M6501C	Polícia Municipal	AB C/ DDI	1 BRI	2	216,05 €	301,76 €	28,92 €	272,84 €	1 025,60 €	160,00 €
	Pagamento MB - Polícia Municipal			Polícia Municipal - Equipamento de Multibanco	MB			103,86 €	103,86 €	103,86	0,00 €	- €	- €
19	<b>COMPLEXO SOLUM</b>	64	Alcatel OmniPCX OXO	DDJ - Complexo Olimpico de Piscinas	Telefone / ADSL	2 BRI	4	619,27 €	800,11 €	57,84 €	742,27 €	3 742,40 €	640,00 €
20	<b>PISCINA R. ABREU</b>	16	Alcatel OmniPCX Office	DDJ - Piscinas Rui Abreu - Pedrulha	AB C/ DDI	1 BRI	2	216,05 €	252,19 €	28,92 €	223,27 €	1 025,60 €	160,00 €
21	<b>PISCINA L. LOPES</b>	16	Alcatel OmniPCX	DDJ - Piscinas Luis Lopes Conceição	AB C/ DDI	1 BRI	2	402,54 €	427,99 €	28,92 €	399,07 €	1 025,60 €	160,00 €
22	<b>SÉRGIO CONCEIÇÃO</b>	8	Detewe	Estádio Municipal de Taveiro - Sergio Conceição	AB S/ DDI	1 BRI	2	187,12 €	258,58 €	0,00 €	258,58 €	572,80 €	80,00 €
23	<b>CASA MIGUEL TORGA</b>	1		DC - Casa Museu Miguel Torga	Telefone	sem info	1	103,85 €	112,93 €	0,00 €	112,93 €	54,00 €	10,00 €
24	<b>ARMAZÉM DA PEDRULHA</b>	2		ARMAZÉM DA PEDRULHA	Telefone	sem info	1	93,24 €	109,88 €	0,00 €	109,88 €	174,00 €	20,00 €
	ARMAZÉM DA PEDRULHA	2		ARMAZÉM DA PEDRULHA	Telefone			93,24 €	110,13 €	0,00 €	110,13 €	174,00 €	20,00 €
25	<b>PARQUE MÁQUINAS</b>	4	Central PT RDIS	DCAD - Parque Máquinas Pedrulha	AB S/ DDI	1 BRI	2	187,12 €	233,56 €	0,00 €	233,56 €	346,40 €	40,00 €
26	<b>JULGADOS DE PAZ</b>	12	Alcatel OmniPCX	Julgados de Paz	AB C/ DDI	1 BRI	2	403,22 €	418,98 €	28,92 €	390,06 €	799,20 €	120,00 €
27	<b>ESTALEIRO DE EIRAS</b>	4		Estaleiro de Eiras	Telefone	sem info	1	93,22 €	93,54 €	0,00 €	93,54 €	346,40 €	40,00 €
28	<b>Casa da Escrita</b>	8		DC - Casa da Escrita	AB C/ DDI	1 BRI	2	403,22 €	539,65 €	28,92 €	510,73 €	572,80 €	80,00 €
29	<b>Escola 1º CEB Tovim</b>			Centro Escolar Solum - Tovim	Telefone			103,86 €	103,86 €	103,86 €	0,00 €	- €	- €
30	<b>Rua Pedro Nunes - Oficina Municipal Teatro</b>			Oficina Municipal do Teatro - Rua Pedro Nunes	Telefone			103,86 €	103,86 €	103,86 €	0,00 €	- €	- €
31	<b>Provedoria do Ambiente da Qualidade</b>	1		Provedoria do Ambiente	AB S/ DDI	1 BRI		187,14 €	190,03 €	190,03 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
	Provedoria do Ambiente - CBS	1		Provedoria do Ambiente - CBS	Fax			93,24 €	93,24 €	93,24	0,00 €	0,00 €	0,00 €
	Provedoria do Ambiente	1		Provedoria do Ambiente	AB S/ DDI	1 BRI		187,14 €	187,14 €	187,14 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
	Provedoria do Ambiente da Qualidade e da Vida Urbana			Provedoria do Ambiente	Linha Azul			264,00 €	264,00 €	264,00 €	0,00 €	- €	- €
32	<b>C.Desp. Recreativo Popular de Assafarge</b>			C.Desp. Recreativo Popular de Assafarge	Telefone			103,86 €	112,02 €	112,02 €	0,00 €	- €	- €
33	<b>Escola, EB1 de Coselhas</b>			Elevador Coselhas	Telefone Elevador			103,86 €	103,86 €	103,86 €	0,00 €	- €	- €
34	<b>Protecção Animal - Choupal</b>			DAQV - SMV	Fax			93,24 €	93,24 €	93,24 €	0,00 €	- €	- €
35	<b>Centro Escolar Solum</b>			Centro Escolar Solum - Tovim	Telefone			93,24 €	93,24 €	93,24 €	0,00 €	- €	- €
36	<b>Cozinhas económicas - elevador</b>			Elevador Cozinha Economica	Telefone Elevador			93,24 €	93,24 €	93,24 €	0,00 €	- €	- €
37	<b>Pavilhão Centro de Portugal - Elevador</b>			Elevador Pavilhão Centro Portugal	Telefone Elevador			93,24 €	93,24 €	93,24 €	0,00 €	- €	- €
38	<b>Turismo - Portagem</b>	1		Turismo - Portagem	Telefone			103,86 €	103,86 €	0,00 €	103,86 €	54,00 €	10,00 €
39	<b>ANAI - Elevador J. Cabreira</b>			Elevador João Cabreira - ANAI	Telefone Elevador			93,24 €	93,24 €	93,24 €	0,00 €	- €	- €
40	<b>DC - Galeria Louzã Henriques - Largo d</b>	1		DC - Galeria Louzã Henriques - Largo da Portagem	Telefone			103,86 €	105,14 €	0,00 €	105,14 €	54,00 €	10,00 €
41	<b>Biblioteca Anexe de Souselas</b>			Biblioteca Anexe de Souselas	ADSL			93,24 €	93,93 €	93,93 €	0,00 €	- €	- €
42	<b>LR Elevador Casas Novas</b>			Elevador Casas Novas	Telefone Elevador			93,24 €	93,24 €	93,24 €	0,00 €	- €	- €
43	<b>Biblioteca Anexe de Ribeira de Frades</b>			Biblioteca Anexe de Ribeira de Frades	Telefone			103,86 €	110,24 €	110,24 €	0,00 €	- €	- €

Figura 41 – Estudo Financeiro (Cenário Atual e Futuro)