



SERVIÇO DE VIDEOCHAMADA UTILIZANDO O PADRÃO HbbTV

myPhoneOnTV

Dissertação de Mestrado em Engenharia Informática

Computação Móvel

Luís Filipe Jesus Correia

Setembro de 2013

“Success is going from failure to failure without loss of enthusiasm.”

Winston Churchill

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do Professor Doutor António Manuel de Jesus Pereira, Professor Coordenador da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao meu orientador, o Doutor António Manuel de Jesus Pereira, por toda a disponibilidade, motivação e conselhos. Por ter tornando possível a realização desta dissertação, através da orientação que me prestou, especialmente nos momentos mais complexos.

Gostaria de agradecer às várias pessoas que de algum modo contribuíram para a realização deste trabalho, nomeadamente ao Cláudio Freire e ao Rui Sábio, por todo o companheirismo, ajuda e amizade sempre demonstrados. Ao Carlos Duarte e ao Paulo Pereira pela ajuda e disponibilidade.

Agradeço ainda ao Instituto Politécnico de Leiria (IPL) e à Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTG) pelos meios e condições que colocou ao meu dispor para a realização deste trabalho. Ao Centro de Investigação de Informática e Comunicações e à sua equipa por me proporcionarem um excelente ambiente de trabalho.

Gostaria ainda de expressar os meus sinceros agradecimentos ao Instituto de Novas Tecnologias (INOV - INESC Inovação), pelas condições e auxílio prestado, possibilitando a concretização desta dissertação.

Um especial agradecimento à Catarina, por todo o apoio e paciência sempre demonstrada.

Por fim, mas não menos importante, um agradecimento profundo aos meus pais, Manuela e Custódio, e à minha irmã Andreia, por todos os sacrifícios que fizeram por mim e pelas oportunidades que me facultaram ao longo da vida.

O meu muito obrigado a todos.

Nota Prévía

A presente dissertação foi realizada no Centro de Investigação de Informática e Comunicações do Instituto Politécnico de Leiria (CIIC-IPL), em parceria com o Instituto de Novas Tecnologias (INOV - INESC Inovação) delegação na ESTG de Leiria. Do trabalho realizado resultaram as seguintes publicações:

- Cláudio Freire, Luís Correia, Luís Marcelino, Catarina Silva, Carlos Rabadão e António Pereira, “Menu and Context Based Interfaces Evaluation for Mobile TV”, in 4th Conference of ENTERprise Information Systems – aligning technology, organizations and people (CENTERIS 2012), Portugal, Outubro de 2012. Este artigo foi convidado para publicação, em versão estendida, na revista International Journal of Web Portals (IJWP);
- Cláudio Freire, Luís Correia, Luís Marcelino, Catarina Silva, Carlos Rabadão e António Pereira, “Defining Interfaces for Mobile TV”, publicação submetida à International Journal of Web Portals (IJWP);
- Luís Correia e António Pereira, “Serviço de videochamada utilizando o padrão HbbTV”, publicação submetida à 13ª Conferência sobre Redes de Computadores - A Internet do Futuro, CRC’2013, Leiria, Portugal, Novembro de 2013.

Resumo

Nos últimos anos tem-se verificado que a população portuguesa está cada vez mais envelhecida. Este fator agrava-se em ambientes rurais, onde a desertificação populacional é mais frequente, derivado, entre outros, da migração da população mais jovem para os grandes centros urbanos, em busca de melhores condições de vida. Tendo como consequência a exclusão social da população residente nestas zonas.

O reduzido foco populacional das zonas rurais não é um fator atrativo para as entidades que realizam investimentos em serviços e infraestruturas tecnológicas, devido ao retorno financeiro obtido não ser, à partida, rentável. Levando a uma exclusão tecnológica de quem reside nestas zonas. Este fator, agrava-se na população sénior dado que raramente são estimulados a interagir com a tecnologia.

Com o objetivo de contribuir para a melhoria desta problemática, combatendo simultaneamente os dois tipos de exclusões, tecnológica e social, propõem-se através desta dissertação, um serviço de videochamada, baseado no conceito do padrão *Hybrid Broadcast Broadband TV* (HbbTV).

Um dos fatores considerados, durante o estudo deste serviço, foi a barreira tecnológica existente entre os idosos e a tecnologia. De modo a aproximar ambos, optou-se por aproveitar os conhecimentos que os idosos já possuem na utilização de equipamentos do seu quotidiano. Sendo a televisão, o equipamento selecionado para integrar no serviço de videochamada, permitindo ao idoso contactar facilmente com outras pessoas e serviços.

Através da implementação de um protótipo e dos resultados obtidos, conclui-se que o serviço desenvolvido é uma solução válida para combater a problemática apresentada, contribuindo positivamente para a redução da exclusão social e da iliteracia tecnológica.

Abstract

In the last decade the Portuguese population is increasingly growing old. This problem is compounded in rural environments where the desertification of the population is more frequent. This happens because of a huge migration of the younger population to urban centres, or even so to other countries, in search of a better life.

The decreasing number of population in the countryside is not an incentive to do investments in services and technology infrastructures due to the small financial return. This leads to a technological exclusion of those residents. This factor gets worse in elder population since they are rarely encouraged to interact with technology.

To reduce this problem, while combating another two types of exclusions, technological and social, this dissertation propose a video call service based on a Hybrid Broadcast Broadband TV (HbbTV) concept standard.

Along this entire study, one of the main factors taken into consideration was the technological barrier that exists between the elder populations. To reduce this problem, it was decided to take advantage of the knowledge that they already have using similar equipment, as television, in their daily live to integrate the video call service - allowing them to contact more easily with another people and services.

Through the implementation of a prototype, and after the analysis of the results obtained, it was concluded that it could be a valid solution to combat the presented issue. It could be very useful to contribute to the reduction of social exclusion and the lack of technology knowledge.

Índice

AGRADECIMENTOS	V
NOTA PRÉVIA	VII
RESUMO	IX
ABSTRACT	XI
ÍNDICE	XIII
LISTA DE FIGURAS	XV
LISTA DE TABELAS	XIX
LISTA DE ACRÓNIMOS	XXI
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS	2
1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	2
CAPÍTULO 2 - ESTADO DA ARTE	5
2.1 CONCEITOS	5
2.1.1 <i>Hybrid Broadcast Broadband TV (HbbTV)</i>	5
2.1.2 <i>Session Initiation Protocol (SIP)</i>	19
2.1.3 <i>Televisão Digital Terrestre (TDT)</i>	20
2.1.4 <i>Quality of Experience (QoE)</i>	23
2.2 TRABALHO RELACIONADO	23
2.3 TECNOLOGIAS EXISTENTES.....	27
2.3.1 <i>Linguagens de programação</i>	27
2.3.2 <i>Sistemas operativos (Raspberry Pi)</i>	29
2.3.3 <i>Application Programming Interfaces (API's) e bibliotecas</i>	30
2.3.4 <i>Reprodutores multimédia</i>	31
2.3.5 <i>Servidor VoIP</i>	32
2.4 SÍNTESE.....	33
CAPÍTULO 3 - ARQUITETURA PROPOSTA	35
3.1 ARQUITETURA GERAL	35
3.2 VISÃO GERAL DO SERVIÇO MPOT	39
3.2.1 <i>Funcionalidades do serviço</i>	39
3.2.2 <i>Arquitetura do serviço</i>	40
3.3 SÍNTESE.....	42
CAPÍTULO 4 - IMPLEMENTAÇÃO	45
4.1 ANÁLISE DE REQUISITOS.....	45
4.2 <i>HARDWARE</i> UTILIZADO	47
4.2.1 <i>Raspberry Pi Modelo B</i>	47

4.2.2 AVERMEDIA AverTV Volar HD PRO A835	48
4.2.3 Outros equipamentos.....	48
4.3 MÓDULO CLIENTE	49
4.3.1 Dependências de software.....	49
4.3.2 Diagrama geral do software	49
4.3.3 Prototipagem da interface.....	57
4.3.4 Interface.....	65
4.4 MÓDULO SMART REMOTE CONTROL.....	72
4.4.1 Aplicação Smart Remote Control	72
4.4.2 Modelo de comunicação com a Smartbox.....	74
4.5 MÓDULO SERVIDOR APLICACIONAL.....	76
4.6 ABORDAGEM INICIAL.....	79
4.7 DIFICULDADES ENCONTRADAS	80
4.8 SÍNTESE	82
CAPÍTULO 5 - TESTES.....	83
5.1 CENÁRIO DE TESTES.....	83
5.2 TESTES AO DESEMPENHO DA APLICAÇÃO MPOT	84
5.2.1 Medição do tempo de execução de cada funcionalidade	85
5.2.2 Medição de carga de processamento da aplicação	86
5.2.3 Medição da largura de banda de uma chamada.....	88
5.3 TESTES COM UTILIZADORES REALIZADOS AO SERVIÇO	89
5.4 QoE APLICADO AO SERVIÇO.....	95
5.5 SÍNTESE	97
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO.....	99
6.1 CONCLUSÕES.....	99
6.2 TRABALHO FUTURO.....	100
BIBLIOGRAFIA	103
ANEXOS	107
ANEXO I – ESPECIFICAÇÃO DE <i>HARDWARE</i>	108
ANEXO II – GUIÃO DE TESTES	110
ANEXO III – REGISTO DE AVALIAÇÃO DE UTILIZAÇÃO.....	111
ANEXO IV – INQUÉRITO <i>QUALITY OF EXPERIENCE (QoE)</i>	112

Lista de Figuras

Figura 1 - Arquitetura HbbTV [5].....	6
Figura 2 - Diagrama relacional dos padrões HbbTV [7].....	9
Figura 3 - Diagrama relacional dos componentes funcionais de um terminal HbbTV [7] ..	11
Figura 4 - Menu da aplicação Panorama TV [12].....	13
Figura 5 - Acesso a uma câmara através da aplicação Panorama TV [13]	14
Figura 6 - Serviço de teletexto tradicional da ARD [14]	14
Figura 7 - Serviço de teletexto HbbTV da ARD [15]	15
Figura 8 - <i>Interface</i> da aplicação ARD Programm [16].....	16
Figura 9 - <i>Interface</i> da aplicação "Das Erste Mediathek" [17]	16
Figura 10 - <i>Interface</i> do menu " <i>MedienCenter</i> " do canal Sport1 [18].....	17
Figura 11 - <i>Interface</i> menu " <i>Shop</i> " do canal Sport 1 [18].....	18
Figura 12 - Plataforma de testes HbbTV do <i>MIT-xperts</i> [20]	19
Figura 13 - Ligações de uma sessão multimédia [22]	20
Figura 14 - Arquitetura TDT [26]	21
Figura 15 - Protótipo da plataforma <i>TV-kiosk</i> [28]	24
Figura 16 - Sinalização de uma chamada telefónica no ecrã da televisão [31]	26
Figura 17 - Arquitetura geral.....	36
Figura 18 - Rede Broadcast (Arquitetura geral).....	36
Figura 19 - Módulo Cliente (Arquitetura geral).....	37
Figura 20 - Rede Broadband (Arquitetura geral)	38
Figura 21 - Arquitetura do serviço mPOT	41
Figura 22 - Módulo Cliente (Arquitetura serviço mPOT).....	41
Figura 23 - Módulo Fornecedor de Serviços.....	42
Figura 24 - Mini PC <i>Raspberry Pi</i> Modelo B	47

Figura 25 - Dispositivo DVB-T AverTV Volar HD PRO A835	48
Figura 26 - Arquitetura de <i>software</i> da aplicação mPOT	50
Figura 27 - Estrutura do ficheiro <i>epg-list.xml</i>	52
Figura 28 - Estrutura do ficheiro <i>sip-contacts.xml</i>	53
Figura 29 - Estrutura do ficheiro <i>status.xml</i>	54
Figura 30 - Estrutura do ficheiro <i>sip-user.xml</i>	56
Figura 31 - Protótipo de <i>interface</i> “Janela Principal”	58
Figura 32 - Protótipo de <i>interface</i> “Janela Principal com notificação”	59
Figura 33 - Protótipo de <i>interface</i> “Janela Guia de Programação”	60
Figura 34 - Protótipo de <i>interface</i> “Janela Lista de Contatos”	61
Figura 35 - Protótipo de <i>interface</i> “Janela Edita Contato”	62
Figura 36 - Protótipo de <i>interface</i> “Janela Videochamada”	63
Figura 37 - Protótipo de <i>interface</i> “Janela Televisão”	64
Figura 38 - <i>Interface</i> “Janela Principal”	66
Figura 39 - <i>Interface</i> “Janela Principal com notificação de videochamada”	67
Figura 40 - Notificação de receção de videochamada	68
Figura 41 - <i>Interface</i> “Janela Guia de Programação”	68
Figura 42 - <i>Interface</i> “Janela Lista de Contatos”	69
Figura 43 - <i>Interface</i> “Janela Videochamada”	70
Figura 44 - <i>Interface</i> “Janela Televisão”	71
Figura 45 - <i>Interface</i> da aplicação <i>Smart Remote Control</i>	73
Figura 46 - Esquema do modelo de comunicação entre a <i>Smartbox</i> e o <i>Smart Remote Control</i>	74
Figura 47 - <i>Interface web</i> para a gestão e configuração do serviço	77
Figura 48 - Teste ao acesso à <i>webcam</i>	79
Figura 49 - Teste às funcionalidades HTML 5 do <i>browser</i> do emulador HbbTV	80
Figura 50 - Cenário de testes	84
Figura 51 - Gráfico com o tempo médio de execução por tarefa.....	85

Figura 52 - Percentagem de processamento utilizado pela aplicação mPOT.....	87
Figura 53 - Gráfico com a variação largura de banda de uma chamada	88
Figura 54 - Gráfico com os tempos médios por tarefa (grupo utilizadores jovens).....	90
Figura 55 - Gráfico com número médio de erros (grupo utilizadores jovens).....	91
Figura 56 - Gráfico com os tempos médios por tarefa (grupo utilizadores seniores)	93
Figura 57 - Gráfico com número médio de erros (grupo utilizadores seniores)	94
Figura 58 - Gráfico com os resultados do QoE efetuado	96

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Identificador dos canais TDT em Portugal [25].....	22
Tabela 2 - Especificações técnicas [25]	22
Tabela 3 - Lista de requisitos funcionais.....	46
Tabela 4 - Lista de requisitos não funcionais	46
Tabela 5 - Classes implementadas na aplicação mPOT	57
Tabela 6 - Ícone estado do serviço de videochamada	67
Tabela 7 - Lista de comandos.....	75
Tabela 8 - Especificações do servidor VoIP	78
Tabela 9 - Lista de tarefas a realizar	89
Tabela 10 - Mean opinion score (MOS).....	95
Tabela 11 - Resultados do inquérito realizado	96

Lista de Acrónimos

A/V	Audiovisual
AAC	Advanced Audio Coding
AIT	Application Information Tables
API	Application Programming Interface
ARM	Advanced RISC Machine
CE	Consumer Electronics
CEA	Consumer Electronics Association
CLR	Common Language Runtime
CPAN	Comprehensive Perl Archive Network
CSS	Cascading Style Sheets
DOM	Document Object Model
DSM CC	Digital Storage Media Command and Control
DVB	Digital Video Broadcasting
DVB-C	Digital Video Broadcasting - Cable
DVB-S	Digital Video Broadcasting - Satellite
DVB-T	Digital Video Broadcasting - Terrestrial
ECMA	European Computer Manufacturers Association
EPG	Electronic Program Guide
FOP	Flash Operator Panel
GPU	Graphics Processing Unit
HbbTV	Hybrid Broadcast Broadband Television
HTML	HyperText Markup Language
ICE	Interactive Connectivity Establishment
ID	Identificador
IDE	Integrated Development Environment
IETF	Internet Engineering Task Force
IMS	IP Multimedia Subsystem
IP	Internet Protocol
IPTV	Internet Protocol Television
ISP	Internet Service Provider

LXDE	Lightweight X11 Desktop Environment
MOS	Mean opinion score
MPEG	Moving Picture Experts Group
MPOT	myPhoneOnTV
OIPF	Open IPTV Forum
PBX	Private Branch Exchange
PHP	PHP: Hypertext Preprocessor
QML	Qt Meta Language
QoE	Quality of Experience
QoS	Qualidade de Serviço
RFC	Requests for Comments
RTP	Real-time Transport Protocol
SA	Servidor Aplicacional
SD	Secure Digital
SDK	Software Development Kit
SDP	Session Description Protocol
SIP	Session Initiation Protocol
SoC	System-on-a-chip
SRC	Smart Remote Control
STUN	Session Traversal Utilities for NAT
TCP	Transmission Control Protocol
TDT	Televisão Digital Terreste
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
TURN	Traversal Using Relays around NAT
UHF	Ultra High Frequency
UI	User Interface
VoD	Video on Demand
VPAN	Virtual Private Ad-Hoc Network
W3C	World Wide Web Consortium
WCAG	Web Content Accessibility Guidelines
XHTML	eXtensible Hypertext Markup Language
XML	eXtensible Markup Language

Capítulo 1 - Introdução

Atualmente, deparamo-nos a nível nacional com uma população bastante envelhecida e com tendência a aumentar. Este fator intensifica-se nas zonas rurais, onde existe uma maior desertificação populacional. Esta desertificação deriva de vários fatores, como por exemplo, a necessidade deslocação da população ativa para os grandes centros urbanos, em busca de uma melhor qualidade de vida. Esta situação leva a que a pouca população residente nos ambientes rurais, sendo na sua maioria idosa, sofra uma exclusão social, acabando por viver muitas vezes isolada [1].

Esta exclusão não é unicamente social, mas também tecnológica, pois devido aos reduzidos focos populacionais, existe uma menor vontade por parte das instituições e empresas em realizar investimentos em serviços e infraestruturas nessas mesmas zonas porque não é economicamente rentável. Este desinteresse tecnológico contribui para o aumento do desconhecimento tecnológico, atualmente presente em grande parte da população idosa [2].

Posto isto e tendo como objetivo principal a aproximação dos idosos ao mundo tecnológico, é necessário minimizar ao máximo as barreiras que possam existir entre o idoso e as tecnologias. Para isso deve-se aproveitar os conhecimentos que estes já possuem, nomeadamente na utilização de equipamentos eletrónicos do seu dia-a-dia, como por exemplo: rádio, televisão, entre outros. Assim, tendo em conta que os idosos se sentem minimamente confortáveis na utilização deste tipo de equipamentos, o serviço a desenvolver deverá considerar a utilização destes.

Um dos equipamentos eletrónicos que faz parte do quotidiano da maioria da comunidade sénior é a televisão. Considerando que, atualmente estas deixaram de ser apenas aparelhos onde apenas é possível visualizar conteúdos televisivos. Sendo que, quer nativamente ou através de set-top-boxes, estas já possuem capacidade de processamento e conectividade IP, permitem portanto a execução de aplicações e o acesso a conteúdos provenientes da Internet. Posto isto, torna-se possível tirar

partido das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) de modo a combater a exclusão social e tecnológica, apostando no desenvolvimento de serviços que, não só permitam aos idosos contactar com novas tecnologias, mas também disponibilizar serviços úteis no seu quotidiano.

1.1 Motivação e objetivos

Pretende-se com este trabalho contribuir para a melhoria desta problemática, apresentando portanto uma solução válida, que fomente o uso das TIC. Para tal, propõem-se o estudo e implementação de um serviço que permita combater, simultaneamente, os dois tipos de exclusões acima referidos (tecnológica e social). Procurando-se assim minimizar a barreira que afasta a comunidade sénior do uso da tecnologia, através do uso de equipamentos eletrónicos onde estes já possuem conhecimentos sobre a sua utilização.

Assim, propõe-se através desta dissertação, desenvolver um serviço de videochamada através da televisão. Este serviço irá permitir ao idoso um contato mais facilitado com outras pessoas, quer sejam estas familiares, amigos ou até mesmo pessoas ligadas a serviços, como por exemplo, médicos, canalizadores, eletricitistas, entre outros. A *interface* do serviço a disponibilizar ao idoso deve ser simples e intuitiva, de modo a que não sejam necessários grandes conhecimentos tecnológicos, para interagir com o sistema.

1.2 Estrutura da dissertação

A presente dissertação está estruturada em seis capítulos, que descrevem as várias fases do trabalho desenvolvido no âmbito da mesma. Os parágrafos seguintes resumem cada um destes capítulos.

No segundo capítulo, são explicados os conceitos mais importantes para uma melhor compreensão do objeto de estudo, como *Hybrid Broadcast Broadband TV* (HbbTV), *Session Initiation Protocol* (SIP) e Televisão Digital Terrestre (TDT). Neste, são também expostos trabalhos e aplicações, que estão relacionadas com o âmbito da solução apresentada nesta dissertação. No final, são descritas as tecnologias, consideradas durante a fase de implementação do protótipo do serviço.

No terceiro capítulo, é inicialmente apresentada a arquitetura geral do sistema, que tem como objetivo o suporte a vários serviços (videochamada, notícias, jogos, entre outros). Posteriormente, com base nesta, é exposta a arquitetura projetada para o serviço de videochamada, sendo explicados os vários componentes que a constituem.

No quarto capítulo, são explicados todos os passos necessários para o desenvolvimento de um protótipo, que implementa a arquitetura proposta. Neste são também, indicadas e analisadas todas as ferramentas e equipamentos utilizados para o desenvolvimento da solução. É também descrito, pormenorizadamente, o modo de funcionamento dos vários módulos que constituem o serviço, bem como a forma como estes interagem entre si. No final, deste capítulo, são expostas as diversas dificuldades encontradas durante a implementação do protótipo.

O quinto capítulo tem como objetivo, validar as várias funcionalidades do serviço desenvolvido e também averiguar a viabilidade do mesmo. Para isso, é definido um cenário de testes que pretende simular um ambiente de utilização real do serviço, bem como um plano de testes ao mesmo. Depois, são apresentados os testes de usabilidade do serviço, realizados com dois grupos de utilizadores, jovens e seniores. É também abordado o *Quality of Experience (QoE)* efetuado ao serviço, com o objetivo de aferir o nível de satisfação dos clientes acerca do mesmo. Por fim, são analisados os resultados dos testes realizados.

A conclusão da dissertação é efetuada, no sexto capítulo, onde são apresentadas as conclusões obtidas, relativas a todo o trabalho desenvolvido e indicadas algumas sugestões para um trabalho futuro.

Capítulo 2 - Estado da arte

Este capítulo inicia-se com uma abordagem dos conceitos fundamentais necessários para uma melhor compreensão do objeto de estudo deste trabalho. De seguida, é apresentado um conjunto de trabalhos e soluções, que se relacionam com o objetivo do serviço proposto nesta dissertação. Por fim são expostas as tecnologias, que foram consideradas durante a fase de implementação do protótipo do serviço.

2.1 Conceitos

Considerando que, o propósito deste trabalho incide sobre o desenvolvimento de um serviço de videochamada utilizando o padrão HbbTV, é objetivo desta secção clarificar os conceitos mais importantes relacionados com este serviço, como HbbTV, SIP, e TDT.

No final, será descrito o conceito de QoE, útil para uma melhor compreensão dos testes realizados na secção 5.4 do presente documento.

2.1.1 *Hybrid Broadcast Broadband TV (HbbTV)*

Tendo em conta que o serviço a desenvolver, utiliza o padrão HbbTV como base, torna-se necessário, antes de se projectar uma solução, realizar uma pesquisa aprofundada acerca do funcionamento deste. O resultado desta é apresentado de seguida.

HbbTV acrónimo de *Hybrid Broadcast Broadband TV* é um novo padrão, resultado de uma iniciativa europeia, que pretende integrar os serviços tradicionais de televisão, entregues via *broadcast (Digital Video Broadcasting)*, com os serviços de Internet prestados através de *broadband* num único serviço. Este pode ser

acedido pelos utilizadores através de *set-top-boxes* ou de televisões com suporte HbbTV [3].

As aplicações *Web* interativas definidas por este padrão, tornam mais interessante a experiência de visualizar conteúdos televisivos. As aplicações mais comuns são o EPG (*Electronic Program Guide*), teletexto digital e também os chamados *Mediatheks*, que são serviços semelhantes ao *Video on Demand* (VoD). Estas aplicações são otimizadas para a visualização em ecrãs de televisão e para a navegação entre as páginas *Web* com recurso, apenas, ao comando remoto.

Este padrão, atualmente na versão 1.5, foi especificado pelos fundadores do consórcio HbbTV. Os membros fundadores deste consórcio consistem em duas emissoras de televisão e empresas de equipamentos eletrónicos. Os membros mais importantes do consórcio são: *Abertis Telecom*, *ANT Software Limited*, *Digital TV Labs*, *European Broadcasting Union* (EBU), *France Televisions*, *Institut für Rundfunktechnik GmbH*, *OpenTV Inc*, *Opera*, *Koninklijke Philips Electronics N.V Inc.*, *RTL Group*, *Samsung*, *SES ASTRA S.A*, *Sony Corporation*, *Television Francaise 1 - TF1*. Este consórcio está aberto a novos membros, de modo a promover a introdução de novos serviços no mercado [4].

Arquitetura de rede

A arquitetura HbbTV, como se pode ver através da *Figura 1*, permite a receção de conteúdos lineares A/V através de uma rede *broadcast* DVB-S [5].

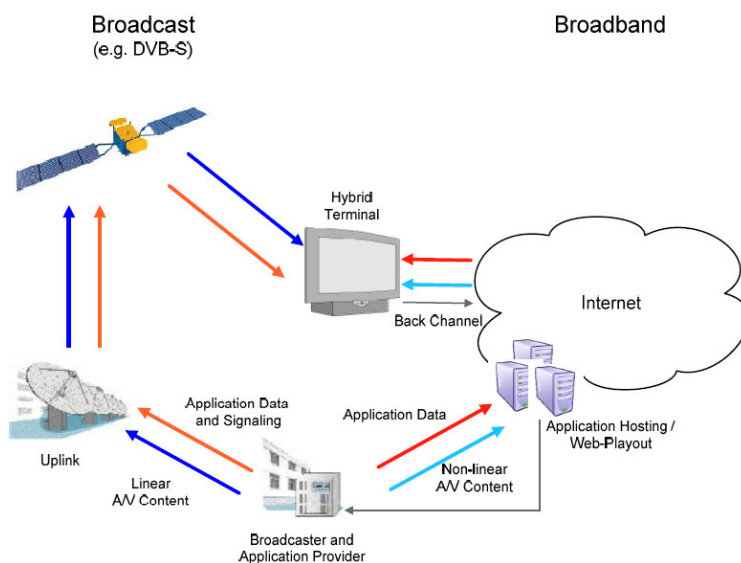


Figura 1 - Arquitetura HbbTV [5]

Assim, na arquitetura HbbTV os clientes (televisões ou set-top-boxes) tem capacidade para estarem ligados a dois tipos de redes em simultâneo:

- Redes *broadcast*: para a receção de conteúdo linear A/V via *broadcast Digital Video Broadcasting - Terrestrial* (DVB-T), *Digital Video Broadcasting – Satellite* (DVB-S) ou *Digital Video Broadcasting - Cable* (DVB-C). Através da ligação a esta rede, o cliente pode receber também dados aplicativos (conjunto de ficheiros que compõem uma aplicação, incluído *HyperText Markup Language* (HTML), *JavaScript*, CSS e ficheiros multimédia) e informação de sinalização de aplicações. Mesmo que o cliente não esteja ligado à rede *broadband*, esta ligação permite a receção de aplicações *broadcast-related* e dados associados. Adicionalmente, esta rede recebe um fluxo de sinalização de eventos que permite a sincronização de aplicações *broadcast-related* com o conteúdo linear A/V;
- Redes *broadband*: para ligação à Internet, onde é possível estabelecer comunicações bidirecionais entre os clientes HbbTV e os servidores aplicativos. O cliente HbbTV utiliza esta ligação para solicitar dados aos servidores aplicativos e conteúdos não lineares A/V, como por exemplo *video-on-demand*. Através desta rede é também possível:
 - Transporte de aplicações *broadcast-related* e/ou *broadcast-independent*, bem como dados associados;
 - Descoberta de aplicações *broadcast-independent*;
 - Comunicação entre as aplicações e os servidores aplicativos.

Por outro lado, os *broadcasters*, ou seja, distribuidores de conteúdos multimédia, quer sejam estações de rádio ou de televisão, enviam dados simultaneamente através das redes *broadband* e *broadcast*. Através da rede *broadcast*, são enviados conteúdos multimédia lineares, assim como sinalização de aplicações e outros dados. Através da rede *broadband*, os *broadcasters* enviam dados e conteúdos multimédia não lineares.

Aplicações HbbTV

As aplicações HbbTV, executadas nos dispositivos HbbTV, são sinalizadas nas *Application Information Tables* (AIT). Cada aplicação tem um registo nesta tabela, em que cada registo contém: a localização da aplicação, código de controlo da aplicação que controla o *lifecycle* da aplicação, o identificador (ID) da organização que identifica o dono da aplicação e o ID da aplicação que identifica cada aplicação no domínio do fornecedor de aplicações. Os ID's da organização e da aplicação identificam exclusivamente cada aplicação.

As aplicações HbbTV podem ser iniciadas de duas formas: automaticamente devido a sinalização de aplicação ou a partir de outra já em execução. As aplicações iniciadas automaticamente, por norma, não mostram *interface* imediatamente após o seu início. Em vez disso, mostram apenas um botão no ecrã indicando que a aplicação foi iniciada, sendo necessário que o utilizador pressione o mesmo para a *interface* da aplicação ser mostrada. É comum, ser o botão vermelho do controlo remoto do televisor. O término de uma aplicação é feito de forma semelhante, ou seja, através de sinalização de aplicação ou através da ação do utilizador.

A gestão do *software* HbbTV é realizada pelo *Application Manager*, este é responsável por analisar as tabelas AIT e controlar o *lifecycle* (tempo de execução) das aplicações. Nas tabelas AIT, o *lifecycle* é controlado usando o código de controlo da aplicação. Por exemplo, se a aplicação é sinalizada com o código de controlo AUTOSTART, a aplicação é iniciada automaticamente. Se a aplicação é sinalizada com o código KILL, a aplicação é destruída imediatamente. Por outro lado, se a aplicação é sinalizada com o código PRESENT, esta fica disponível mas não é iniciada automaticamente, mas pode ser iniciada a partir de outra.

As aplicações HbbTV são executadas num *web browser* compatível com *Consumer Electronics - HyperText Markup Language* (CE-HTML). Sendo que o *Application Manager* comunica diretamente com o *web browser* para sinalizar qual a aplicação que deve ser iniciada. Apenas uma aplicação deve ser visível num determinado momento [6].

As aplicações HbbTV podem ser de dois tipos:

- *Broadcast-independent application* - este tipo de aplicação, não está associado a nenhum serviço *broadcast* e é transferida através da rede *broadband*, acedendo aos dados associados através da mesma rede. É um exemplo deste tipo, a aplicação *Panorama TV*, apresentada detalhadamente mais à frente neste documento.
- *Broadcast-related application* - este tipo de aplicação, está associado a pelo menos um serviço *broadcast* ou a pelo menos um evento de um serviço *broadcast*. Estas aplicações podem ser lançadas automaticamente, através do código AUTOSTART ou explicitamente através da ação do utilizador. Este tipo de aplicações podem ser transferidos para o cliente via rede *broadband* ou *broadcast*, podendo aceder aos seus dados através de ambos os tipos de rede [5]. São exemplos deste tipo, as aplicações: *ARD Text*, *ARD Programm*, *Das Erste Mediathek* e *Sport 1 HD*, estas serão expostas detalhadamente mais à frente.

Padrões utilizados

A especificação do padrão HbbTV é baseada em padrões existentes e tecnologias *Web*, sendo os mais importantes: o OIPF (*Open IPTV Forum*), CEA (*Consumer Electronics Association*) e DVB (*Digital Video Broadcasting*).

A *Figura 2* ilustra a relação entre os vários padrões que constituem o HbbTV.

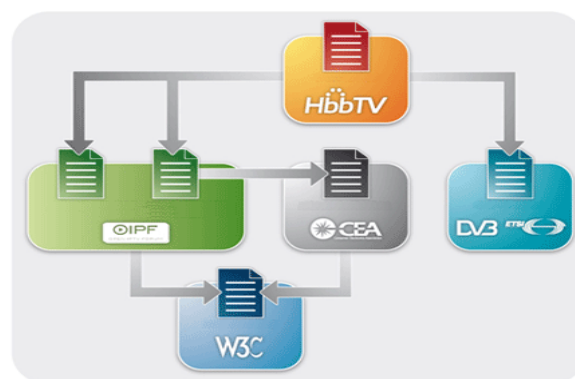


Figura 2 - Diagrama relacional dos padrões HbbTV [7]

- CEA-2014 – CE-HTML [8] é um padrão especificado em 2007 pela *Consumer Electronics Association* (CEA) e baseia-se nos padrões web mais comuns do W3C (XHTML 1.0, DOM 2, CSS TV *profile* 1.0), especificando o HTML para os dispositivos eletrônicos CE (por exemplo: as televisões). Este padrão está especialmente otimizado para o processamento páginas HTML/*JavaScript* em dispositivos eletrônicos, mais concretamente em ecrãs de televisões. Para além disso, também define a forma de como são tratados eventos *Document Object Model* (DOM), como por exemplo, os eventos despoletados quando o utilizador pressiona os botões do comando remoto da televisão. Este padrão define também a forma de como o conteúdo A/V não linear deve ser embutido dentro da aplicação. Todas as aplicações HbbTV são escritas utilizando a linguagem CE-HTML;
- OIPF *browser profile* [9] – a versão inicial deste padrão foi especificada em 2009 pelo *Open IPTV Forum* e define a *interface JavaScript* entre o browser e a aplicação web. Disponibiliza também a *interface* para integrar os conteúdos *broadcast* com os conteúdos *broadband*;
- DVB sinalização e transporte [10] – definem a sinalização e transporte de aplicações interativas ou serviços em redes *broadcast* e *broadband*. Assim, é possível com este padrão:
 - Sinalizar aplicações interativas ou serviços em redes *broadcast* e *broadband*;
 - Distribuir ficheiros de aplicações interativas ou serviços através de redes *broadcast* e *broadband*;
 - Sincronizar aplicações interativas ou serviços com conteúdos de vídeo ou áudio distribuídos através de redes *broadcast* ou *broadband*;
 - Transportar conteúdos A/V lineares.

Componentes funcionais de um terminal HbbTV

Esta seção descreve os principais componentes funcionais de um terminal HbbTV.

A *Figura 3* ilustra o relacionamento destes componentes.

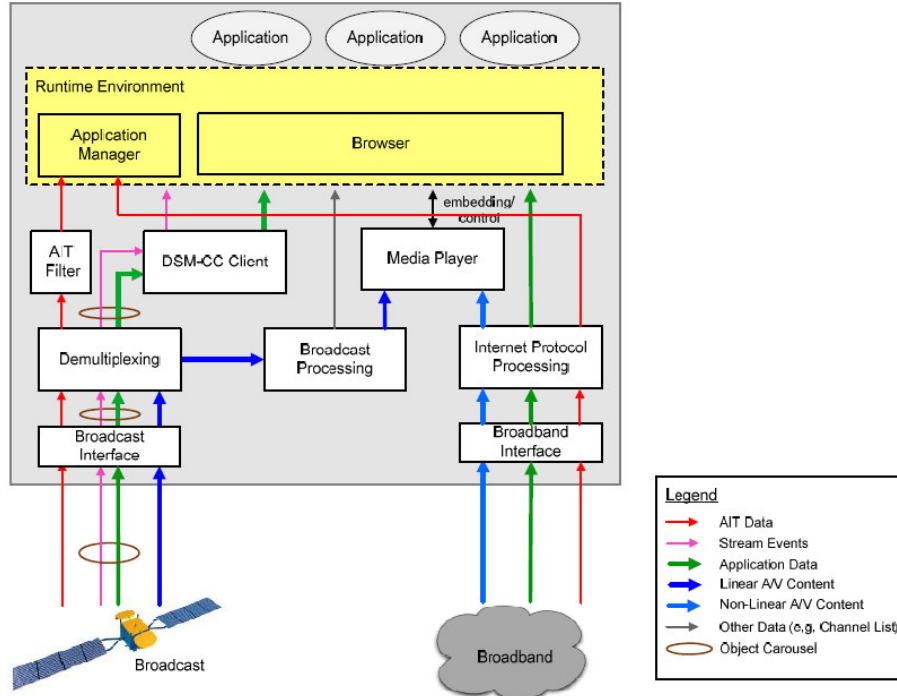


Figura 3 - Diagrama relacional dos componentes funcionais de um terminal HbbTV [7]

Os conteúdos lineares A/V, *stream* de eventos, dados aplicativos e AIT são recebidos pelo terminal HbbTV através da *interface* de *Broadcast*. Os dados aplicativos e *stream* de eventos são transferidos utilizando um DSM-CC (*Digital Storage Media Command and Control*) *object carousel*. É necessário um cliente DSM-CC para obter os dados do *object carousel* e enviá-los para o *Runtime Environment*.

O *Runtime Environment* é constituído pelo *browser* e pelo *Application Manager*. É neste componente que as aplicações interativas HbbTV são executadas e apresentadas ao utilizador. O *Application Manager* verifica as AIT (*Application Information Tables*) de modo a controlar o ciclo de vida da aplicação. O *browser* é responsável por executar o código e apresentar a aplicação.

Os conteúdos lineares A/V são processados da mesma forma que num terminal DVB não híbrido. Este processamento ocorre no componente *Broadcast Processing*, que inclui todas as funcionalidades DVB, disponibilizadas num

terminal DVB não híbrido. Algumas informações do componente *Broadcast Processing* podem ser acedidas pelo *Runtime Environment*, como por exemplo, a lista de canais. Estas informações estão representadas na figura acima como “*Other Data*”.

Através da *interface* de *Broadband*, o terminal HbbTV tem ligação à Internet. Esta ligação disponibiliza uma segunda forma de solicitar dados a servidores aplicativos, através desta *interface* é possível receber conteúdos A/V não lineares. O componente, *Internet Protocol Processing* contém todas as funcionalidades necessárias para o terminal processar conteúdos provenientes da Internet. Os dados aplicativos recebidos através da *interface* de *Broadband* também são processados por este componente.

Os conteúdos A/V não lineares são encaminhados para o componente *Media Player*, que por sua vez, pode ser controlado pelo *Runtime Environment*. Sendo possível incorporar este tipo de conteúdos na *interface* apresentada ao utilizador.

Exemplos de aplicações HbbTV existentes

Atualmente, existem alguns países onde o padrão HbbTV está a ser implementado, nomeadamente a Alemanha e França. O tipo de aplicações HbbTV varia bastante, desde serviços de teletexto a *Mediatheks* (serviços semelhantes ao VoD). De seguida é feito um levantamento das várias aplicações HbbTV já implementadas.

- **Feratel**

A empresa *Feratel Media Technologies AG*, com sede em Innsbruck, Áustria, é uma fornecedora internacional de sistemas de informação turística. A Feratel está presente em países como Áustria, Alemanha, Suíça, Itália, Espanha, Hungria, República Checa, Eslováquia e Bulgária [11].

A Feratel desenvolveu o serviço “Panorama TV”, com suporte HbbTV, que tem como principal objetivo fornecer informações meteorológicas de vários pontos geográficos da Europa. As informações fornecidas, como o estado do tempo, humidade do ar, temperatura, velocidade do vento e altitude são recolhidas através de sensores.

O acesso a este serviço é feito através de uma televisão compatível com Internet (*Smart TV*) ou através de uma set-top-box habilitada para o acesso à Internet. Estes aparelhos permitem mostrar no ecrã *streams*, panorâmicos de uma determinada região, em tempo real, de várias câmaras ativas, colocadas em pontos geográficos estratégicos. Para além do *stream* das câmaras, este serviço fornece também informações sobre as condições meteorológicas atuais relativas ao local onde a câmara se encontra.

Este serviço tem acesso a mais de 400 câmaras colocadas em cidades europeias e centros de turismo alpino. As câmaras instaladas permitem uma rotação de 360 graus [11].

A *Figura 4* mostra a imagem apresentada no ecrã de uma televisão quando acede à aplicação “Panorama TV”. Esta figura representa o ecrã inicial da aplicação que é constituído por um menu (lado esquerdo) onde é possível escolher qual o país “*Land*”, estado “*Bundesland*” e local “*Ort*” da câmara a visualizar e por um mapa (lado direito) que indica a localização geográfica da câmara selecionada.



Figura 4 - Menu da aplicação Panorama TV [12]

Através da *Figura 5*, é possível visualizar o resultado de um acesso a uma das câmaras, onde é apresentado o *stream* de vídeo da mesma, bem como a informação meteorológica do local, horário e altitude.



Figura 5 - Acesso a uma câmara através da aplicação Panorama TV [13]

- **ARD Text**

ARD (*Arbeitsgemeinschaft der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten der Bundesrepublik Deutschland*) é uma organização conjunta de várias emissoras públicas regionais alemãs.

Antes, a ARD utilizava o serviço de teletexto, à semelhança de muitos outros canais, para difundir informação relativa a notícias, previsão do tempo, programação do canal, entre outros. Nos dias de hoje, o serviço de teletexto é bastante arcaico, pois apesar de este disponibilizar bastante informação, esta não passa de texto, não sendo visualmente muito apelativo. A *Figura 6* ilustra a *interface* gráfica deste serviço.



Figura 6 - Serviço de teletexto tradicional da ARD [14]

Com a chegada do padrão HbbTV, a ARD implementou um novo serviço de teletexto mais evoluído e visualmente mais atrativo, o “ARD Text”, que para além de possuir toda a informação disponibilizada, pelo “tradicional” teletexto, contém imagens que complementam a restante informação. Na *Figura 7* é possível visualizar a aplicação “ARD Text”.



Figura 7 - Serviço de teletexto HbbTV da ARD [15]

- **ARD Programm**

“ARD Programm” é uma aplicação HbbTV do canal alemão ARD, semelhante ao tradicional EPG (*Electronic Program Guide*). Contudo, este guia de programação é mais avançado, pois para além da informação disponibilizada relativa aos programas televisivos (nome do programa, horário, duração), este fornece também imagens que complementam a restante informação. Esta aplicação também possibilita a visualização de conteúdos televisivos que já tenham sido emitidos. A *interface* desta aplicação encontra-se ilustrada na *Figura 8*.



Figura 8 - Interface da aplicação ARD Programm [16]

- **Das Erste Mediathek**

“Das Erste Mediathek” é um serviço *online* do canal alemão *Das Erste*. Este serviço, com suporte à tecnologia HbbTV, é semelhante ao tradicional serviço VoD (*Video on Demand*), permitindo a visualização de emissões televisivas do canal, em qualquer altura. Este permite também a pesquisa dos programas televisivos, por dia da semana ou por nome de programa. É também disponibilizado serviço de rádio. A *Figura 9* ilustra a *interface* da aplicação “Das Erste Mediathek”.



Figura 9 - Interface da aplicação "Das Erste Mediathek" [17]

- **Sport 1 HD**

Sport1 HD é um canal desportivo alemão fundado em 1993. Este canal desenvolveu uma aplicação HbbTV, que disponibiliza entre outras as seguintes funcionalidades:

- *LiveTicker* - resultados em tempo real de jogos desportivos;
- *News/Artikel* - disponibilização de notícias e artigos desportivos;
- *Programm* - guia de programação eletrónica (EPG);
- *MedienCenter* - semelhante a um serviço de VoD, onde são disponibilizados vídeos relativos aos conteúdos transmitidos pela *Sport1 HD*;
- *Shop* - acesso aos artigos da loja da *Sport1 HD*, possibilitando a sua compra, através da televisão.

A *Figura 10* ilustra o menu “*MedienCenter*”, do serviço HbbTV do canal *Sport1 HD*.



Figura 10 - Interface do menu "MedienCenter" do canal Sport1 [18]

A *Figura 11* apresenta o menu “Shop”, do serviço HbbTV do canal *Sport1 HD*.

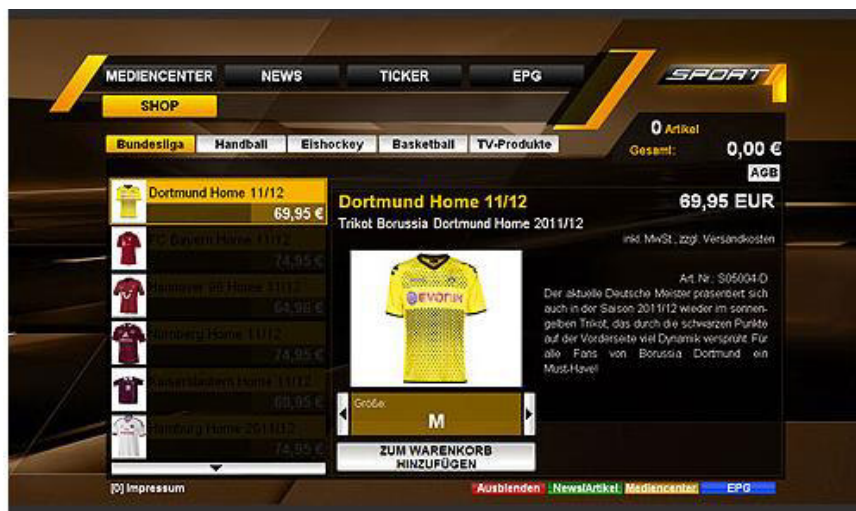


Figura 11 - Interface menu "Shop" do canal Sport 1 [18]

- **MIT - xperts**

Fundado em 2001, o *MIT-xperts* é uma empresa que opera na área da televisão interativa, bem como na análise de sistemas baseados em DVB. Esta empresa tem se também destacado no desenvolvimento de aplicações HbbTV para canais alemães, como é o caso da aplicação “ARD EPG” (acima descrita) [19].

O *MIT-xperts* disponibilizou o “*MIT-xperts HBBTV testsuite*” (ver *Figura 12*), que é uma plataforma onde está disponível um conjunto de testes para os fabricantes, de terminais HbbTV, testarem se os seus equipamentos estão em conformidade com a norma HbbTV. No entanto, atualmente, esta plataforma ainda não implementa todos os testes possíveis a realizar a um terminal HbbTV [20]. A *Figura 12* ilustra a plataforma “*MIT-xperts HBBTV testsuite*”.

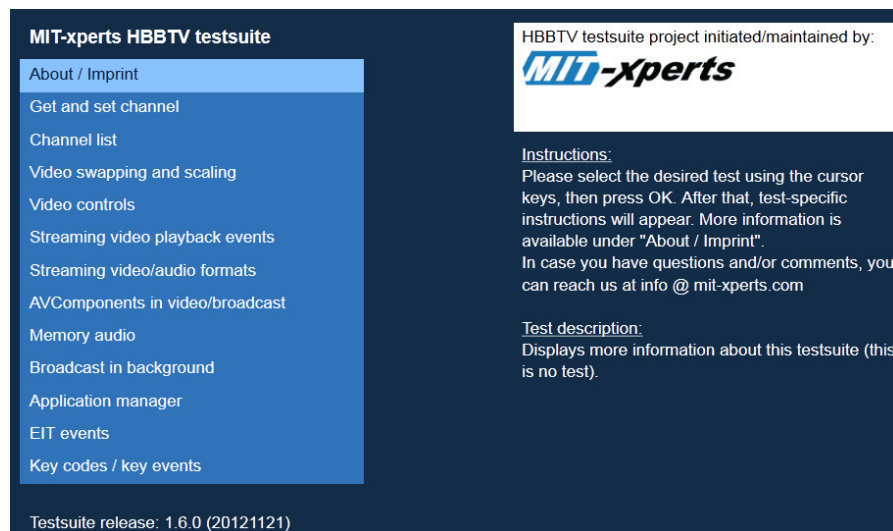


Figura 12 - Plataforma de testes HbbTV do MIT-xperts [20]

Ao contrário de outras soluções existentes no mercado, a plataforma “MIT-xperts HBBTV testsuite” é gratuita e de código aberto.

2.1.2 Session Initiation Protocol (SIP)

O *Session Initiation Protocol* (SIP), padronizado pela *Internet Engineering Task Force* (IETF) e definido na *Requests for Comments* (RFC) 3261, é um protocolo de sinalização da camada de aplicação. Este permite estabelecer, modificar e terminar sessões multimédia, como chamadas de voz e vídeo através de redes IP [21].

De referir, que o protocolo SIP não é responsável pela transmissão dos conteúdos multimédia, mas sim, pelo controlo da troca desses conteúdos, negociando os vários parâmetros da sessão multimédia. Os conteúdos multimédia como, áudio e vídeo, são transmitidos entre os participantes da sessão, através de protocolos de transporte específicos, como o protocolo *Real-Time Transport Protocol* (RTP). A *Figura 13* ilustra esquematicamente, as ligações mais importantes, criadas durante uma sessão multimédia, utilizando o protocolo SIP.

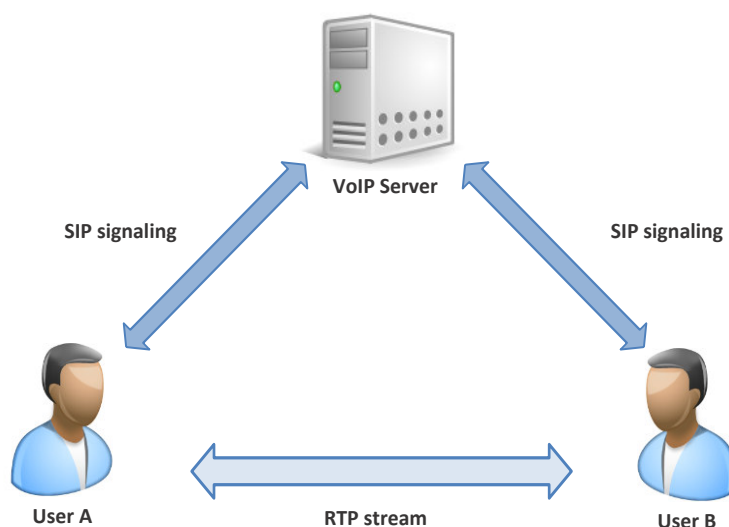


Figura 13 - Ligações de uma sessão multimédia [22]

2.1.3 Televisão Digital Terrestre (TDT)

A Televisão Digital Terrestre (TDT) é a tecnologia teledifusão terrestre em sinal digital, que veio substituir a televisão analógica terrestre. Esta tecnologia trouxe uma melhoria da qualidade televisiva, tanto ao nível de som como de imagem, estando também preparada para emissões televisivas em alta definição.

Uma das funcionalidades disponibilizadas pela TDT é o guia de programação eletrónica ou, em inglês, *Electronic Programming Guide* (EPG), que permite aos utilizadores aceder a informação detalhada, como: nome; sinopse; horário e duração dos vários programas dos canais televisivos [23].

Esta tecnologia usa um modo de modulação e compressão digital para enviar vídeo, áudio e sinais de dados aos aparelhos compatíveis com a tecnologia (recetores/descodificadores TDT), proporcionando a transmissão e receção de uma maior quantidade de conteúdos por uma mesma frequência, tendo como resultado uma imagem de alta qualidade.

Assim sendo, esta tecnologia permite uma utilização mais eficiente do espectro radioelétrico. Razão pela qual, a Comissão Europeia decretou a adesão de todos os países da União Europeia. Em Portugal, esta tecnologia teve início em 2009 [24].

Arquitetura TDT

Através da arquitetura TDT, ilustrada pela *Figura 14*, pode-se verificar que inicialmente os conteúdos multimédia são produzidos pelas estações televisivas, sendo de seguida codificados. Esta codificação, é realizada de acordo com as normas adotadas pelo país em questão. No caso de Portugal, para a codificação do vídeo é utilizada a norma H.264 e para o áudio é utilizada a norma MPEG AAC (*Moving Picture Experts Group Advanced Audio Coding*) [25].

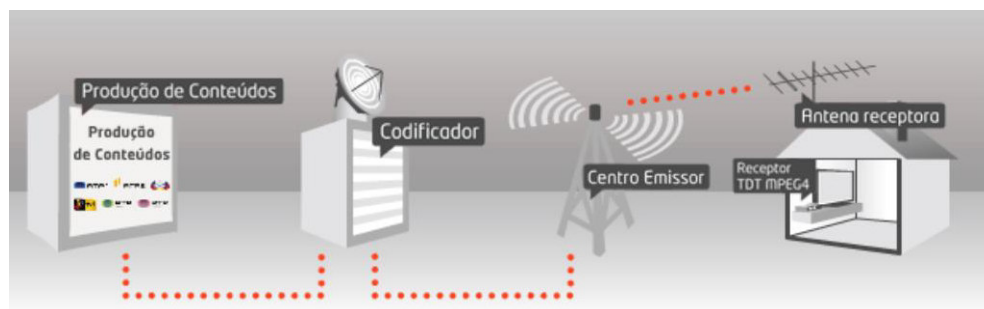


Figura 14 - Arquitetura TDT [26]

Depois de codificados, os conteúdos multimédia são enviados para os centros emissores, que os difundem em sinal digital pela atmosfera através do espectro eletromagnético, utilizando antenas emissoras. Posteriormente, o sinal digital é capturado, através de antenas recetoras dos clientes, sendo obrigatório que estas sejam do tipo *Ultra High Frequency* (UHF) para assegurar que operam na frequência estabelecida pela TDT.

O sinal depois de recebido pela antena, é enviado para os decodificadores TDT (independentes ou integrados nas televisões) onde é decodificado para reprodução nas televisões. De notar, que para que os recetores consigam realizar a decodificação do sinal recebido, estes têm de ser compatíveis com as normas TDT adotadas [26].

Devido ao facto de cada recetor decodificar apenas um canal de cada vez, é necessário ter um equipamento deste tipo por cada aparelho televisivo.

Especificações técnicas

De seguida são apresentadas algumas das especificações técnicas, definidas para TDT, em Portugal. Cada canal televisivo é identificado através de um *Service_id*, permitindo assim a distinção dos vários canais. Na *Tabela 1*, são listados os canais televisivos com os seus respetivos identificadores.

Canal	Identificador (<i>Service_id</i>)
RTP 1	1101
RTP 2	1102
SIC	1103
TVI	1104
ARTV	1107
HD	1111

Tabela 1 - Identificador dos canais TDT em Portugal [25]

A *Tabela 2* apresenta as especificações técnicas dos canais televisivos.

Especificações técnicas		
Frequência	754000 KHz	
Largura de Banda	8 MHz	
<i>Streams</i>	Vídeo	
	Codec	H.264 – MPEG-4 AVC (part 10)
	Resolução	720x576 – para os canais com os identificadores: 1101, 1102, 1103, 1104 e 1107; 1920x1080 – para o canal com o identificador 1111.
	Taxa de frames	50 fps
	Áudio	
	Codec	MPEG AAC (mp4a)
	Canais	Estéreo
Taxa de amostragem	48000 Hz	
EPG	O sinal contém um EPG individual, integrado, para cada um dos canais.	
Teletexto	<i>Teletext codec (telx)</i>	

Tabela 2 - Especificações técnicas [25]

2.1.4 *Quality of Experience (QoE)*

O termo *Quality of Experience (QoE)* é uma medida que permite avaliar o desempenho de um determinado serviço, através da percepção subjetiva dos utilizadores. A avaliação é feita com base em parâmetros qualitativos (“péssimo”, “mau”, “satisfatório”, “bom” e “excelente”), presentes na escala de *Mean Opinion Score (MOS)*. Os critérios alvo de análise são por exemplo, eficiência, rapidez, usabilidade e integridade do serviço.

De referir que QoE, está diretamente relacionado com a qualidade de serviço (QoS), pois se a qualidade do serviço for melhorada, normalmente traduz-se em melhorias no QoE. De notar ainda que, normalmente as medidas de QoS são implementadas na tentativa de fornecer ao cliente uma melhor experiência. Por exemplo, se consideramos tráfego multimédia, todas as medidas que reduzam o *jitter* (variação do atraso), atrasos e perdas, contribuem para um melhor nível de QoE.

Considerando que o QoE é uma avaliação subjetiva, podendo variar de indivíduo para indivíduo, esta é útil para o fornecedor de um serviço, aferir o nível de satisfação dos utilizadores em relação ao mesmo [27].

2.2 Trabalho relacionado

Nesta secção, são apresentadas várias soluções e projetos, relacionados, não só, com serviços de televisão e videochamada, mas também, com o âmbito da problemática da exclusão social e tecnológica da população sénior.

- *TV-kiosk*

TV-kiosk é um projeto tem como objetivo, estimular a interação entre os utilizadores seniores e a tecnologia, de modo a evitar o isolamento [28].

De modo a alcançar este objetivo, foi implementada a plataforma *TV-kiosk*, que apresenta uma arquitetura descentralizada, não dependendo apenas de um único fornecedor de serviços. Para a comunicação segura, entre os vários elementos da arquitetura (idosos, familiares e fornecedores de serviços), é utilizada uma *Virtual*

Private Ad-Hoc Network (VPAN), que combina redes *ad-hoc*, técnicas *peer-to-peer* e computação ubíqua. A interação dos utilizadores com a plataforma é realizada através da televisão, que contém uma *interface* desenhada especificamente para o público sénior, e um comando remoto simples. A *Figura 15*, representa esquematicamente o protótipo da plataforma *TV-kiosk*.



Figura 15 - Protótipo da plataforma *TV-kiosk* [28]

Apesar da plataforma *TV-kiosk* estar relacionada com a problemática da exclusão social e tecnológica sofrida pela população sénior, esta não integra a videochamada como parte da solução para combater esta problemática.

- ***Research and Implementation of IPTV video calls based on the IMS network***

Este trabalho tem como objetivo, averiguar formas eficientes para a implementação de videochamadas em serviços IPTV, utilizando como base a arquitetura *IP Multimedia Subsystem* (IMS). Para isso, os autores propõem duas soluções para a codificação e transmissão do *stream* de vídeo da videochamada, sendo na primeira solução realizada através da *set-top-box* e na segunda realizada na câmara de vídeo [29].

De forma a testar as soluções propostas, foi definido um cenário de testes, que permite a realização de videochamadas, através da arquitetura IMS. A nível físico, este consiste na ligação de uma câmara, para a captura do *stream* de áudio e vídeo, à *set-top-box*, onde os utilizadores através do controlo remoto estabelecem uma ligação com outro utilizador.

Com base nos resultados obtidos, os autores concluem que a codificação através da *set-top-box* é mais lenta, tendo um atraso de 3/4 segundos, por outro lado, quando a codificação é realizada através da câmara, o atraso é quase impercetível, obtendo-se assim uma melhor qualidade. Contudo, o preço de uma câmara com capacidade de codificação de *stream* é relativamente caro, segundo os autores, cerca de 150 dólares.

Considerando que, para se obter uma melhor qualidade nos serviços de videochamada em sistemas IPTV, o tipo de codificação e largura de banda disponível são fatores cruciais. Este artigo é bastante interessante pois, analisa o desempenho de duas soluções propostas, neste âmbito, que tem custos e desempenhos diferentes.

- ***Towards a New User Experience in IPTV: Convergence Services and Simpler E-commerce on IMS-based IPTV***

Este trabalho propõe o enriquecimento do serviço de IPTV, integrando neste, novos serviços de telecomunicações. Os autores sugerem, a arquitetura IMS como base, para a implementação desta solução. Neste artigo, são propostos os seguintes casos de uso [30]:

- ***Shared User Experience***

Integração do serviço IPTV com serviços de comunicação multimédia, como por exemplo, *Voice over Internet Protocol* (VoIP). Este serviço permite aos utilizadores comunicarem entre si e partilharem reações/emoções, enquanto assistem a programas televisivos. Os autores sugerem que o serviço suporte funcionalidades mais avançadas, como videoconferência, correio de voz.

- ***Cross-Service E-Commerce***

Este cenário propõe a implementação de serviços de comércio eletrónico através da televisão. Neste existe, uma colaboração empresarial entre o operador IPTV, com entidades fornecedoras de produtos ou serviços. O mecanismo de funcionamento consiste na notificação do utilizador com publicidade,

permitindo que este efetue a compra, através da realização de um reduzido número de passos.

- ***The Evolving IPTV Service Architecture***

Este artigo apresenta a *framework Cisco Service Exchange Framework* que possibilita a integração de sistemas baseados IMS e não IMS com serviços IPTV, suportando vários serviços, tais como, como a receção de chamadas através da televisão (ver *Figura 16*) ou a programação de gravação de vídeo, a partir de telemóveis [31].



Figura 16 - Sinalização de uma chamada telefónica no ecrã da televisão [31]

A *Figura 16* ilustra uma possível *interface* gráfica para o serviço de receção de chamadas através da televisão.

- ***Menu and Context Based Interfaces Evaluation for Mobile TV***

Este artigo apresenta o serviço de IPTV, denominado *myMobileTV*, que permite a visualização de conteúdos televisivos através de dispositivos móveis, mais concretamente, através de *smartphones Android* [32]. Para além desta funcionalidade, o serviço disponibiliza, acesso ao guia de programação eletrónica, classificação de programas televisivos, marcação de favoritos e partilha de informações na rede social *Facebook*.

Com base nesta solução, este trabalho, pretende avaliar dois tipos de *interfaces* para aplicação móvel, a *interface “Menu based”* que utiliza o menu do sistema para disponibilizar as opções e a *interface “Context based”*, que mostra as opções através dos menus de contexto.

Os resultados obtidos indicam que não existe uma clara vantagem em nenhuma das abordagens. Tendo os autores verificado que, os utilizadores que nunca usaram a aplicação estão mais confortáveis com a versão “*Menu based*”. Por outro lado, os utilizadores que estão familiarizados com a aplicação com a versão “*Context based*”, para além de mais rápidos, cometem menos erros na execução das tarefas.

O objeto de estudo deste artigo é bastante importante, pois estuda possíveis *interfaces* gráficas para aplicações no âmbito do serviço de IPTV, mais concretamente, para aplicações móveis.

Dos vários trabalhos e soluções apresentadas, verifica-se que apesar de estarem relacionadas com o âmbito do serviço proposto, nenhuma delas está orientada para dar resposta, através de um serviço de videochamada, à problemática apresentada no *Capítulo 1*.

2.3 Tecnologias existentes

Nesta seção, são apresentadas as tecnologias mais importantes consideradas, durante a fase de desenvolvimento do protótipo, tais como, linguagens de programação, sistemas operativos (*Raspberry Pi*), *Application Programming Interface* (API), reprodutores multimédia e servidor VoIP.

2.3.1 Linguagens de programação

Para o desenvolvimento do *software* da aplicação mPOT, foram analisadas várias linguagens de programação. Estas são apresentadas de seguida.

- ***Python***

Python é uma linguagem de programação, de alto nível, orientada a objetos, criada por Guido van Rossum. Esta é uma linguagem interpretada, ou

seja, o interpretador lê o código fonte e executa as instruções diretamente, não sendo necessário compilar o código para ser executado.

Está disponível para várias plataformas, entre elas, *Windows*, *Linux*, *Mac OS X*, tendo também sido migrada para Java e máquinas virtuais .NET. Esta linguagem é extensível pois permite a adição de novos módulos e *frameworks* [33].

Por possuir bastante documentação e permitir a utilização de novos módulos, foi considerado que esta linguagem atendia às necessidades e seria indicada para o desenvolvimento do *software*, do protótipo.

- ***Perl***

É uma linguagem de programação interpretada, disponível para várias plataformas, entre as quais, *Unix/Linux*, *Mac OS X* e *Windows*. Esta linguagem permite a programação orientada a objetos, podendo também ser utilizada para o desenvolvimento *web*. A linguagem *Perl* é também extensível, pois permite a adição de novos módulos, disponíveis na rede de repositórios *Comprehensive Perl Archive Network* (CPAN). De salientar que esta linguagem é *open-source* [34].

- ***Mono***

Mono, é uma plataforma de *software*, que visa permitir desenvolver aplicações compatíveis com a *framework* .NET em várias plataformas. Esta plataforma é uma implementação *open-source* da *framework* .NET, baseada no padrão definido pela *European Computer Manufacturers Association* (ECMA). Esta inclui um compilador para a linguagem de programação C# e um *Common Language Runtime* (CLR), que implementa uma máquina virtual para a execução das aplicações.

A principal vantagem desta plataforma, é que pode ser executada em vários sistemas operativos, entre os quais, *Unix/Linux*, *Mac OS X*, *Solaris* e *Windows* [35].

2.3.2 Sistemas operativos (*Raspberry Pi*)

Para a implementação da solução foi definido que, tal como apresentado na *secção 4.1*, o equipamento a utilizar na *Smartbox*, deveria ser de baixo custo e de pequenas dimensões. Assim, foi escolhido o mini PC *Raspberry Pi* para o equipamento da *Smartbox*, pois, para além de cumprir estes requisitos, possui também as características básicas de um computador. Tendo em consideração esta escolha, foram analisados vários sistemas operativos para este equipamento, sendo estes apresentados de seguida.

- ***Raspbian “wheezy”***

É um sistema operativo *open-source* baseado em *Debian* e está otimizado para os equipamentos *Raspberry Pi*. Conta com o ambiente de desktop *Lightweight X11 Desktop Environment (LXDE)*, desenvolvido para computadores com pouca capacidade de processamento. Para este sistema operativo estão disponíveis para instalação, milhares de *packages* com *software* pré-compilado [36].

Considerando os vários sistemas operativos disponíveis para o mini PC *Raspberry Pi*, este foi o escolhido, por possuir bastante suporte, quer a nível da comunidade *Raspbian*, quer a nível de *software* disponível. Sendo mais fácil, a resolução de eventuais problemas.

- ***Arch Linux ARM***

É um sistema operativo baseado em Linux, para equipamentos com processadores com a arquitetura *Advanced RISC Machine (ARM)*. O *kernel* e *software* deste sistema operativo são direccionados para o suporte a conjuntos de instruções *soft-float* ARMv5te e *hard-float* ARMv6 e ARMv7 [37].

- **RISC OS**

RISC OS é um sistema operativo desenvolvido em Cambridge, Inglaterra, pela *Acorn Computers Ltd*. Este sistema operativo foi desenhado, especificamente, para ser executado por processadores ARM, tendo como

características rapidez e eficiência. Ao contrário dos sistemas operativos anteriormente apresentados, este não é baseado em distribuições Linux [38].

2.3.3 *Application Programming Interfaces (API's)* e bibliotecas

Durante a implementação da solução, foram utilizadas diversas API's e bibliotecas, que disponibilizam um conjunto de funcionalidades, facilitando a tarefa de desenvolvimento do *software*. De seguida, são abordadas as várias API's e bibliotecas estudadas no âmbito do trabalho.

- **Qt**

Qt é uma *framework* multiplataforma, desenvolvida pelo Qt Software. Esta contém um grande número de bibliotecas, que disponibilizam vários serviços como por exemplo, abstração de rede e manipulação de *eXtensible Markup Language (XML)*. Esta *framework* permite desenvolver aplicações e bibliotecas Qt para sistemas diferentes, sem ser necessário alterar o código fonte [39].

Foi escolhida esta *framework* para o desenvolvimento da *interface* gráfica porque permite a integração com a linguagem *Python*. Para realizar esta integração foi utilizado o *wrapper PySide*.

- **QML**

Qt Meta Language ou *Qt Modeling Language (QML)*, desenvolvida no âmbito do projeto *Qt Project*, é uma linguagem declarativa, baseada em *JavaScript*, orientada para o desenho de *interfaces* de aplicações. Esta linguagem, faz parte do *kit* de criação de *user interfaces (UI)*, o *Qt Quick*, desenvolvido pela Nokia para a *framework* Qt [40].

Esta linguagem foi utilizada por ser parte da *framework* Qt.

- **PJSIP**

PJSIP é uma biblioteca *open-source*, desenvolvida na linguagem C, para a comunicação multimédia e implementa protocolos como SIP, *Session Description Protocol (SDP)*, *Real-time Transport Protocol (RTP)*, *Session Traversal Utilities*

for NAT (STUN), *Traversal Using Relays around NAT* (TURN) e *Interactive Connectivity Establishment* (ICE). Esta biblioteca combina o protocolo de sinalização SIP com a *framework* multimédia e NAT transversal, numa API de comunicação multimédia de alto nível.

De referir que a biblioteca PJSIP, é suportada por vários sistemas operativos, entre os quais, *Windows* (exceto versões 64 bits), *Mac OS X*, *Linux/Unix*, *Android*, *Windows Mobile/Windows CE*, *iPhone OS/iOS*, entre outros [41].

Esta biblioteca foi escolhida devido ao facto de ser, bastante completa para o efeito, *open-source* e compatível com sistema operativo seleccionado.

- **PJSUA**

É uma API de alto nível que implementa a biblioteca PJSIP e permite a construção de aplicações SIP *User Agent*. Esta API, disponibiliza um conjunto de funcionalidades como, por exemplo, gestão de conta, presença, *instant messaging*, conferências, *streaming* de ficheiros, reprodução local, gravação de voz, entre outros [42].

Por implementar as funcionalidades da biblioteca PJSIP, aliado ao facto de ser *open-source* e compatível com a linguagem *Python*, foram as razões que pesaram na escolha desta API para o desenvolvimento do cliente SIP.

2.3.4 Reprodutores multimédia

Tendo em conta que é necessário reproduzir os conteúdos multimédia, televisivos e da videochamada, para que os utilizadores os possam visualizar, foram analisados os reprodutores multimédia, VLC e *OMXPlayer*, sendo estes apresentados de seguida.

- **VLC**

O *VLC media player*, é reprodutor multimédia desenvolvido pelo projeto VideoLAN. Este *software open-source*, suporta a maioria dos formatos de vídeo, como por exemplo, MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, DivX, DVD, VCD (Vídeo CD), entre outros, e áudio como OGG, mp3, WAV, entre outros.

Este reprodutor multimédia é compatível com os principais sistemas operativos, Windows, Mac OS X, Linux. Para além de reprodução de conteúdos multimédia, este *software*, disponibiliza um conjunto alargado de outras funcionalidades, entre as quais a transmissão em *unicast* e *multicast*, operando tanto em redes IPv4 como IPv6 [43].

A escolha desta ferramenta prendeu-se com o facto de estar bastante desenvolvida, permitindo o acesso ao *stream* dos dispositivos DVB-T sem ser necessária a instalação de *codecs* adicionais.

- ***OMXPlayer***

O *OMXPlayer* é um reprodutor multimédia desenvolvido especificamente para a *Graphics Processing Unit* (GPU) do *Raspberry Pi*, através do projeto XBMC. A execução deste *software* é realizada via linha de comandos. Para a reprodução de conteúdos multimédia, este reprodutor utiliza mecanismos de aceleração por *hardware* [44].

Este reprodutor multimédia foi escolhido devido ao facto de estar otimizado para os equipamentos *Raspberry Pi*, permitindo assim obter um melhor desempenho na reprodução de conteúdos multimédia.

2.3.5 Servidor VoIP

Considerando que se pretende implementar, na solução, o serviço de videochamada, foi analisado o *software Trixbox*, apresentado de seguida, para disponibilizar o serviço VoIP.

- ***Trixbox***

Trixbox é uma distribuição *open-source* baseada em Linux, que permite a instalação configuração e gestão de um sistema VoIP. Esta distribuição, é baseada em *Asterisk*, *software* que implementa *Private Branch Exchange* (PBX). Este permite, entre outras funcionalidades, que os terminais ligados realizem chamadas entre si.

A grande vantagem do *Trixbox* é que instala todos os componentes necessários ao funcionamento do serviço VoIP. Para além, de que permite configurar e gerir o servidor através de uma *interface Web*, via *browser*.

Devido as vantagens acima enunciadas e por satisfazer os requisitos definidos, este foi o *software* escolhido para o serviço VoIP. De referir, que também foi tido em consideração o facto de o *software* ser *open-source*.

2.4 Síntese

Neste capítulo, clarificaram-se os conceitos fundamentais relacionados com o objeto de estudo. Foi também, apresentado um conjunto de trabalhos e de soluções, relacionadas com o âmbito do serviço proposto. Por fim, foram expostas as tecnologias consideradas para o desenvolvimento de um protótipo do serviço proposto, tendo sido apresentado, para cada uma das selecionadas, o motivo da escolha.

Desta análise resultou a proposta para uma arquitetura geral, que visa o suporte de serviços pertinentes para a comunidade sénior. Posteriormente, com base na arquitetura geral, foi projetada a arquitetura do serviço mPOT. Estas arquiteturas são apresentadas no capítulo seguinte.

Capítulo 3 - Arquitetura proposta

Neste capítulo, são abordadas detalhadamente as arquiteturas projetadas, geral e do serviço mPOT, que servem de base à implementação da solução. Para isso, é inicialmente apresentada a arquitetura geral do sistema, que pretende suportar, para além do serviço mPOT, outros serviços pertinentes para os utilizadores seniores, como por exemplo: notícias, jogos interativos, entre outros. Posteriormente, com base nesta, é apresentada e explicada, uma arquitetura mais específica para o serviço mPOT, sendo descrito pormenorizadamente, o modo de funcionamento de cada um dos componentes que a constitui.

3.1 Arquitetura geral

Considerando que o sistema a desenvolver deve suportar, não só o serviço de videochamada, mas também, outros serviços úteis à população idosa, foi definida uma arquitetura geral. Esta foi projetada com base no conceito do padrão HbbTV, agrupando simultaneamente num só, o serviço de televisão com outros serviços provenientes da Internet.

Através da *Figura 17*, verifica-se que a arquitetura geral é constituída por dois tipos de redes distintas: a Rede *Broadcast*, que tem como função, a transmissão dos conteúdos televisivos e a Rede *Broadband*, para o acesso aos serviços disponibilizados através da Internet. Dentro destas redes existem dois módulos, o Módulo Cliente e o Módulo Servidor Aplicacional.

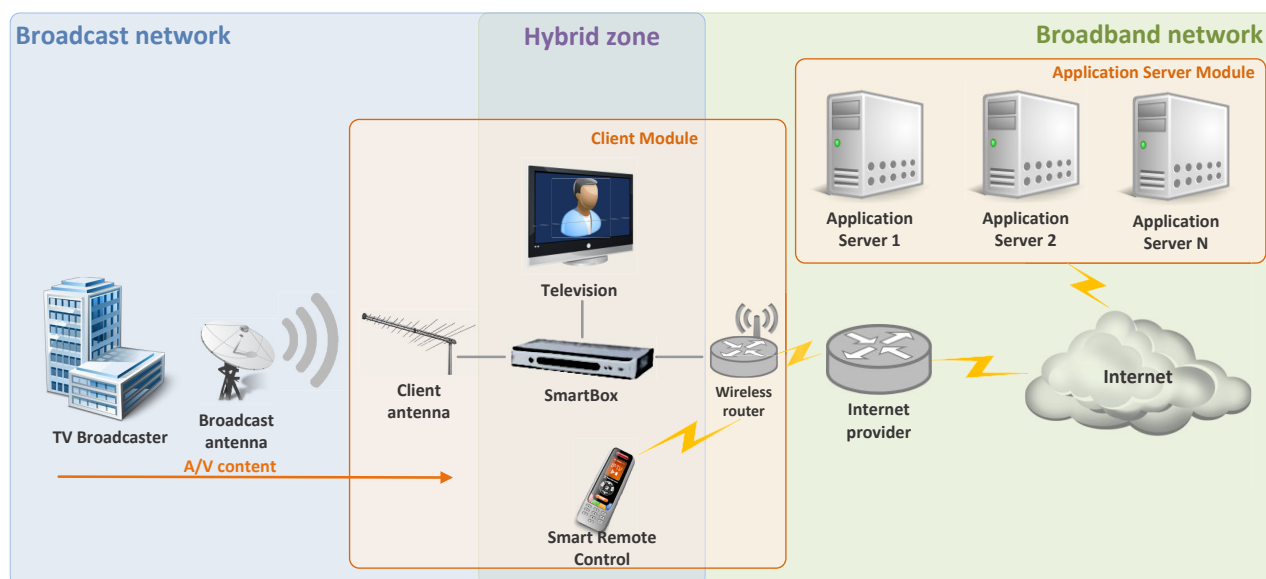


Figura 17 - Arquitetura geral

Como é possível verificar, através da *Figura 17*, o cliente recebe os conteúdos A/V televisivos pela rede *Broadcast*. Estes conteúdos são produzidos pelas estações televisivas, que depois os enviam para os centros emissores, onde são codificados de acordo com o padrão de teledifusão televisivo e por fim difundidos pela atmosfera através das antenas emissoras. Para a difusão dos conteúdos televisivos através da rede *Broadband* é utilizado o padrão DVB-T. O sinal difundido é capturado pelo Módulo Cliente através da antena televisiva.

A *Figura 18* ilustra, graficamente o fluxo dos conteúdos A/V televisivos desde a sua produção pelas estações televisivas, até à receção pelos clientes.

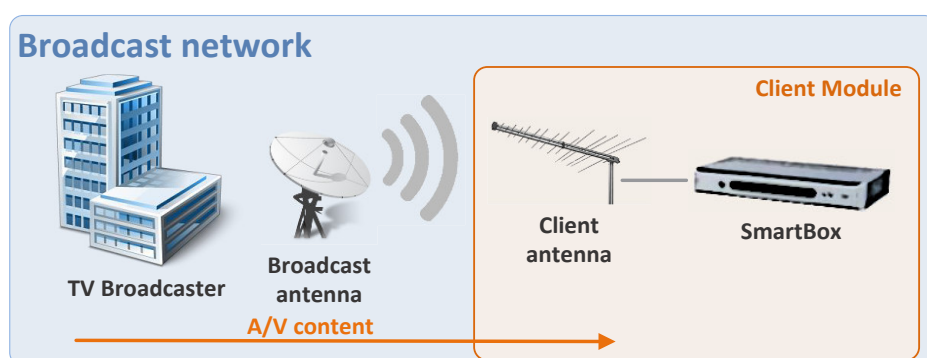


Figura 18 - Rede Broadcast (Arquitetura geral)

O Módulo Cliente, apresentado na *Figura 19*, no contexto da arquitetura, representa os equipamentos que o cliente necessita para aceder aos vários serviços disponibilizados. São estes os seguintes:

- Televisão – para a visualização do output dos serviços;
- Antena televisiva – para a receção do sinal televisivo;
- *Router wireless* – para permitir a comunicação com o *Smart Remote Control* e com os serviços provenientes da Internet;
- *Smartbox* – para o acesso e disponibilização dos vários serviços ao utilizador;
- *Smart Remote Control* - para a interacção do utilizador com a *Smartbox*.

O Módulo Cliente, encontra-se numa zona “hibrida”, ou seja, está simultaneamente nas redes *Broadcast* e *Broadband*, de forma a interagir, tanto com os serviços televisivos, como com os serviços disponibilizados pelo Módulo Servidor Aplicacional. A *Smartbox* é o equipamento central deste módulo, pois é este que está simultaneamente ligado à rede *Broadcast* através da antena televisiva e à rede *Broadband* através da ligação *Ethernet*.

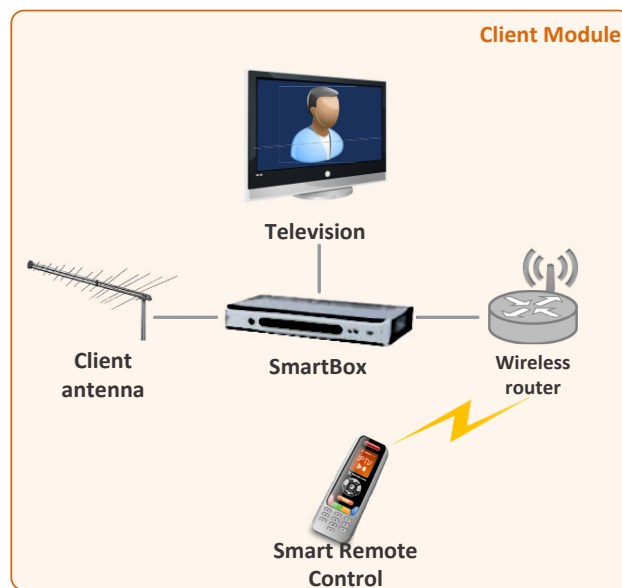


Figura 19 - Módulo Cliente (Arquitetura geral)

Na interação do Módulo Cliente com a rede *Broadcast*, o sinal é recebido através da antena televisiva, sendo depois enviado para a *Smartbox*. Onde este equipamento é responsável por converter o sinal digital recebido pela antena televisiva em conteúdos multimédia, reproduzindo-os na televisão. Na *Smartbox*, está também implementado o *software* que permite ao utilizador aceder aos vários serviços disponibilizados, incluído o serviço televisivo.

O Módulo Cliente é ainda constituído pelo *Smart Remote Control* (SRC), que é o equipamento que permite ao cliente interagir com a *SmartBox*, de forma a aceder aos serviços disponibilizados através da mesma. O SRC comunica com a *Smartbox* através de um *router wireless*.

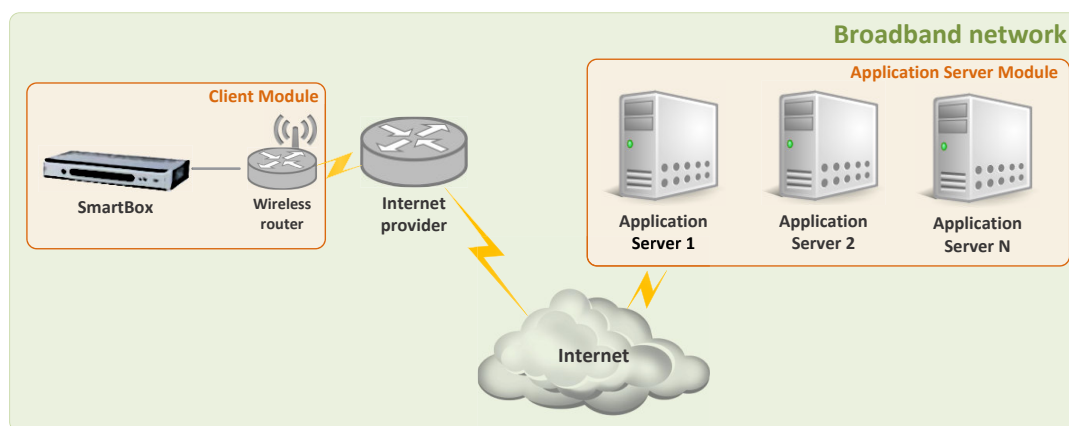


Figura 20 - Rede Broadband (Arquitetura geral)

O *router wireless* está ligado ao *router* do fornecedor de acesso à Internet, em inglês, *Internet Service Provider* (ISP), permitindo a comunicação do Módulo Cliente com a rede *Broadband*, mais concretamente com o Módulo Servidor Aplicacional.

O Módulo Servidor Aplicacional (*Figura 20*) está presente na Internet e é constituído pelos vários servidores aplicativos (SA) que disponibilizam serviços ao Módulo Cliente. Apesar de, no Módulo Servidor Aplicacional, os vários SA's aparecerem agrupados, estes podem estar fisicamente distantes, não tendo qualquer tipo de dependência entre si, pois cada SA fornece um serviço independente.

Com a análise da arquitetura geral, verifica-se que a gestão dos vários serviços não é centralizada, ou seja, não existe nenhum equipamento que realiza a

monitorização do estado dos serviços. Assim, é da responsabilidade de cada SA assegurar o seu bom funcionamento. Podemos também concluir, que esta arquitetura é escalável, no sentido em que suporta a adição de novos SA's. Bastando atualizar o *software* da *Smartbox*, presente no Módulo Cliente, de modo a aceder aos novos serviços.

3.2 Visão geral do serviço mPOT

Tal como já foi referido anteriormente, esta dissertação propõe a implementação de um sistema que aproxime a população mais idosa da tecnologia. O serviço proposto tem como objetivo principal, permitir aos idosos realizar de forma fácil videochamadas com outros utilizadores, usando para isso uma televisão. Este serviço, tem em especial atenção, os utilizadores pertencentes à comunidade sénior, pelas razões enunciadas no *Capítulo 1*, no entanto, este serviço não é de acesso restrito apenas para estes, podendo qualquer indivíduo utilizá-lo.

O serviço proposto nesta dissertação foi denominado de *myPhoneOnTV* (mPOT).

De referir, que a projeção da arquitetura do serviço mPOT, teve como base o conceito do padrão HbbTV. Tal como se pode verificar através da arquitetura geral (*Figura 17*), anteriormente explicada. Comparando o serviço mPOT, com o tipo de aplicações presentes no padrão HbbTV (*Broadcast-independent Application* e *Broadcast-related Application*), verifica-se que este serviço é do tipo *Broadcast-independent Application*, pois não está associado a nenhum serviço *broadcast* e comunica através da rede *broadband*.

3.2.1 Funcionalidades do serviço

Tendo em conta o objetivo principal do serviço mPOT, foram definidos dois conjuntos de funcionalidades a implementar, o primeiro relativo ao serviço de televisão e o segundo para o serviço de videochamada.

Assim, devem ser disponibilizadas as seguintes funcionalidades para o acesso ao serviço televisivo:

- Ver televisão – permitir ao utilizador visualizar as emissões televisivas transmitidas através da rede *broadcast*;

- Alternar entre canais – possibilitar a troca da visualização das emissões televisivas entre os vários canais disponíveis;
- Aumentar/diminuir o volume – permitir o aumento ou a diminuição do volume sonoro da emissão televisiva;
- Guia de programação – aceder a informação detalhada sobre os programas transmitidos pelas estações televisivas.

Para o serviço de videochamada devem ser implementadas as seguintes funcionalidades:

- Efetuar videochamada - possibilidade de realizar uma videochamada com outro utilizador. Este utilizador pode estar associado a um fornecedor de serviços (por exemplo: assistência médica) ou também utilizar uma *Smartbox* com o *software* mPOT;
- Notificação de chamada - quando receber uma videochamada, o utilizador deve ser imediatamente informado acerca desta, devendo aparecer uma notificação no ecrã da televisão;
- Visualizar contactos - possibilidade de o utilizador aceder à sua lista de contactos;
- Gestão da lista de contactos - adicionar, editar e remover contactos.

De notar, que o sistema deve permitir a realização de videochamadas em simultâneo com a visualização dos conteúdos televisivos.

3.2.2 Arquitetura do serviço

Para o desenvolvimento de um protótipo do serviço mPOT, implementando as funcionalidades descritas no *subcapítulo 3.2.1*, foi projetada uma arquitetura para o mesmo. Esta arquitetura foi desenvolvida a partir da arquitetura geral, de modo a assegurar que o serviço mPOT é suportado nesta.

Assim, de modo a suportar os requisitos definidos para o serviço mPOT, foram efetuadas modificações nos módulos, Cliente, Servidor Aplicacional e adicionado o módulo Fornecedores de Serviços.

A Figura 21 ilustra a arquitetura proposta para o serviço mPOT.

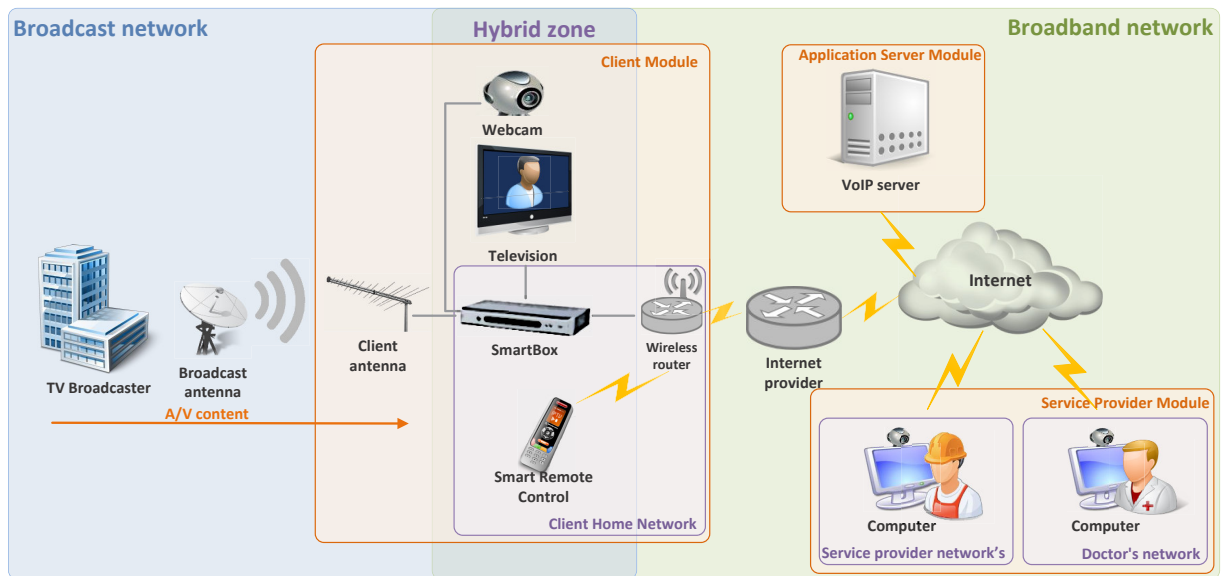


Figura 21 - Arquitetura do serviço mPOT

Considerando que o serviço a implementar suporta videochamada, foram adaptados os módulos da arquitetura, nomeadamente o Módulo Cliente (ilustrado na Figura 22) e o Módulo Servidor Aplicacional.

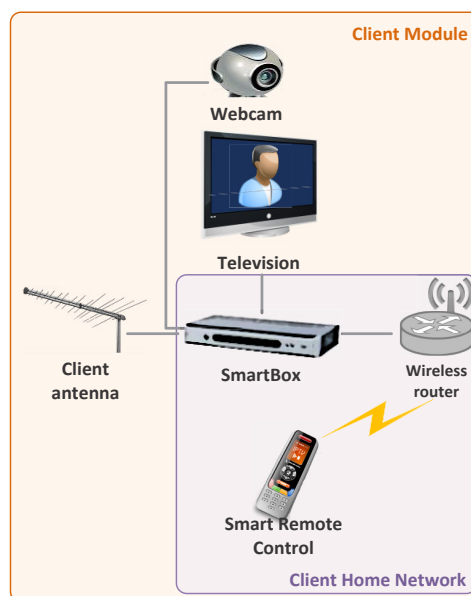


Figura 22 - Módulo Cliente (Arquitetura serviço mPOT)

Ao Módulo Cliente, foi adicionada uma *webcam* que está diretamente ligada à *Smartbox*. Esta *webcam* para além de, captar o vídeo do utilizador através da câmara, têm também um microfone incorporado para permitir a captura de áudio. A

nível do *software* da *Smartbox* está implementado um cliente SIP, que registrado no servidor aplicacional permitirá a realização de videochamadas.

No Módulo Servidor Aplicacional, existe um servidor que disponibiliza o serviço VoIP, onde todos os utilizadores do Módulo Cliente e do Módulo Fornecedor de Serviços (adiante descrito) estão registrados, permitindo a estes a realização de videochamadas entre si. Assim, todo o serviço de videochamadas é gerido através deste servidor.

Nesta arquitetura, foi definido o Módulo Fornecedores de Serviços (*Figura 23*), que representa as entidades que prestam serviços à comunidade, por exemplo: serviços de reparação (eletricistas, canalizadores), assistência médica, entre outros. Neste módulo poderão existir várias entidades, prestando de forma independente o seu serviço.



Figura 23 - Módulo Fornecedor de Serviços

Para o acesso ao serviço, as entidades necessitam de ter, ao nível do *hardware*, um computador com uma *webcam*, com microfone integrado e ao nível do *software* um cliente SIP, ou então, poderão também utilizar uma *Smartbox* mPOT.

3.3 Síntese

Neste capítulo, foi primeiro apresentada e explicada uma arquitetura geral que pretende englobar, não só o serviço de videochamada proposto nesta dissertação, mas também outros serviços pertinentes para a população idosa, que possam ser implementados futuramente. A projeção desta arquitetura teve em conta o conceito do padrão HbbTV.

Com base na arquitetura geral, foi definida a arquitetura para o serviço mPOT. Este tem como objetivo, disponibilizar o serviço de videochamada e de televisão num só. É também objetivo deste serviço, dar uma resposta positiva à problemática enunciada na introdução desta dissertação, apresentando assim como principal vantagem, a possibilidade de um idoso ou outra pessoa, com poucos conhecimentos tecnológicos, conseguir realizar facilmente uma videochamada, quer para os fornecedores de serviços, quer para os seus familiares ou amigos.

Ao longo deste capítulo, para além de descritas as características fundamentais e o modo de funcionamento das duas arquiteturas, foram também enunciadas as funcionalidades que o serviço mPOT deve implementar.

A arquitetura proposta para o serviço mPOT, servirá de base ao desenvolvimento de um protótipo. Todo o processo de implementação será explicado no próximo capítulo.

Capítulo 4 - Implementação

Este capítulo descreve as várias fases do desenvolvimento do protótipo do serviço. Inicialmente é efetuado o levantamento de requisitos e apresentado o *hardware*, utilizado durante a implementação. Seguidamente é descrito, detalhadamente, todo o processo de implementação dos módulos Servidor Aplicacional, Cliente e *Smart Remote Control*. Por fim, são indicadas as várias dificuldades encontradas durante a fase de desenvolvimento do protótipo.

4.1 Análise de requisitos

Com base na arquitetura definida no *Capítulo 3*, procedeu-se ao levantamento de requisitos funcionais e não funcionais que o protótipo deve implementar.

Requisitos funcionais

Os requisitos funcionais descrevem as funções que os utilizadores necessitam que o sistema faça. Estes definem as funcionalidades desejadas no sistema. A *Tabela 3* apresenta os requisitos funcionais definidos e respetiva prioridade:

Código	Requisito	Prioridade
F1	O utilizador pode visualizar a emissão televisiva.	Alta
F2	O utilizador pode mudar de canal televisivo.	Alta
F3	O utilizador pode aumentar ou diminuir o volume sonoro da emissão televisiva.	Alta
F4	O utilizador pode aceder ao Guia de Programação Eletrónica.	Média
F5	O utilizador pode realizar uma videochamada para um contacto.	Alta
F6	O utilizador pode receber videochamadas de outros contactos	Alta
F7	O utilizador deve ser notificado de receção de uma videochamada.	Alta
F8	O utilizador pode aceder à lista de contactos.	Média
F9	O utilizador pode gerir a lista de contactos.	Baixa
F10	O utilizador pode efetuar uma videochamada, enquanto visualiza a emissão televisiva.	Alta

Tabela 3 - Lista de requisitos funcionais

Requisitos não funcionais

Os requisitos não funcionais descrevem uma restrição do sistema com impacto no projeto do sistema. A *Tabela 4* apresenta os requisitos não funcionais definidos e respetiva prioridade para a solução a desenvolver:

Código	Requisito	Prioridade
NF1	O equipamento para a <i>Smartbox</i> deve ser de baixo custo.	Média
NF2	O equipamento para a <i>Smartbox</i> deve ser de pequenas dimensões.	Média

Tabela 4 - Lista de requisitos não funcionais

4.2 Hardware utilizado

Durante a fase de desenvolvimento do protótipo da solução, foi necessário escolher o *hardware* a utilizar. De notar que durante a escolha, foi sempre tido em consideração a relação desempenho/preço do equipamento. Desta escolha, resultou a utilização do seguinte equipamento: *Raspberry Pi* Modelo B, placa AVERMEDIA AverTV Volar HD PRO A835, *webcam*, antena UHF, servidor VoIP, *router wireless* e *Hub USB*.

De seguida é apresentado, detalhadamente o *hardware* utilizado.

4.2.1 *Raspberry Pi* Modelo B¹

O equipamento escolhido para a *Smartbox* do cliente foi o mini PC *Raspberry Pi* Modelo B (ver *Figura 24*). Pois este equipamento para além de, possuir as características básicas de um computador (capacidade de processamento, memória RAM, placa *Ethernet*, placa de som, entre outros), cumpre os requisitos não funcionais NF1 e NF2. Sendo que este possui as dimensões de um cartão de crédito (requisito não funcional NF2) e tem um baixo preço, atualmente cerca de 40 euros (requisito não funcional NF1).



Figura 24 - Mini PC *Raspberry Pi* Modelo B

¹ <http://www.raspberrypi.org/faqs>

Apesar de este equipamento não integrar uma memória não-volátil, possui no entanto uma entrada para cartões *Secure Digital* (SD). Assim, foi utilizado um cartão SD de 16 GB de tamanho para o armazenamento de dados.

Para operar com o *Raspberry Pi*, foram também necessários os seguintes periféricos: rato, teclado e monitor.

As especificações do *Raspberry Pi* encontram-se em anexo (ver *Anexo I*).

4.2.2 AVERMEDIA AverTV Volar HD PRO A835²

Considerando que o equipamento escolhido para a *Smartbox* não integra nenhum dispositivo DVB-T para a decodificação do sinal digital, foi necessário procurar um equipamento que realizasse esta tarefa. O dispositivo DVB-T a utilizar deverá ser pequeno, de baixo consumo energético e com *interface* compatível com o *Raspberry Pi* (preferencialmente via USB). Por cumprir com estas características pretendidas, optou-se por utilizar o dispositivo AverTV Volar HD PRO A835, ilustrado na *Figura 25*.



Figura 25 - Dispositivo DVB-T AverTV Volar HD PRO A835

Atualmente, este equipamento encontra-se disponível por cerca de 25 euros (requisito não funcional NF1).

As especificações do dispositivo AverTV Volar HD PRO A835 encontram-se em anexo (ver *Anexo I*).

4.2.3 Outros equipamentos

Para além dos equipamentos acima referidos, foram também utilizados durante o desenvolvimento da solução os seguintes:

² <http://www.avermedia.com/Product/ProductDetail.aspx?Id=507>

- *Webcam* com microfone integrado – para a captura do vídeo e áudio do utilizador para a videochamada;
- Antena interior UHF – para a receção do sinal digital TDT;
- Servidor VoIP – computador para disponibilizar o serviço VoIP;
- *Router wireless* – para a comunicação dos vários equipamentos de rede;
- *Hub USB* – para a ligação via USB dos vários periféricos ao *Raspberry Pi*.

4.3 Módulo Cliente

Este módulo trata de disponibilizar ao utilizador o acesso ao serviço mPOT, proposto nesta dissertação. O acesso às funcionalidades é realizado através da aplicação mPOT, desenvolvida para este módulo. De referir, que esta aplicação é executada na *Smartbox* do utilizador.

4.3.1 Dependências de *software*

Antes de executar a aplicação mPOT na *Smartbox*, é necessário garantir que todas as suas dependências, a nível de *software*, estão previamente instaladas. Para isso, deve ser instalado o seguinte *software*:

- Controladores do dispositivo DVB-T (AVerTV Volar HD PRO A835);
- Reprodutores multimédia VLC e *Omxplayer*;
- *Package* para desenvolvimento em *Python*: *python-dev*;
- A API PJSIP e o módulo *Python PJSUA*;
- O IDE *Qt Creator* (já integra o Qt SDK);
- O módulo *Python PySide*.

4.3.2 Diagrama geral do *software*

De seguida, será explicado, detalhadamente, o modo de funcionamento da arquitetura de *software* da aplicação mPOT, bem como dos módulos que a constituem. Esta aplicação encontra-se instalada na *Smartbox* e permite ao utilizador, através do comando remoto *Smart Remote Control* (SRC), aceder ao serviço mPOT. A *Figura 26* ilustra graficamente o funcionamento base da arquitetura de *software*.

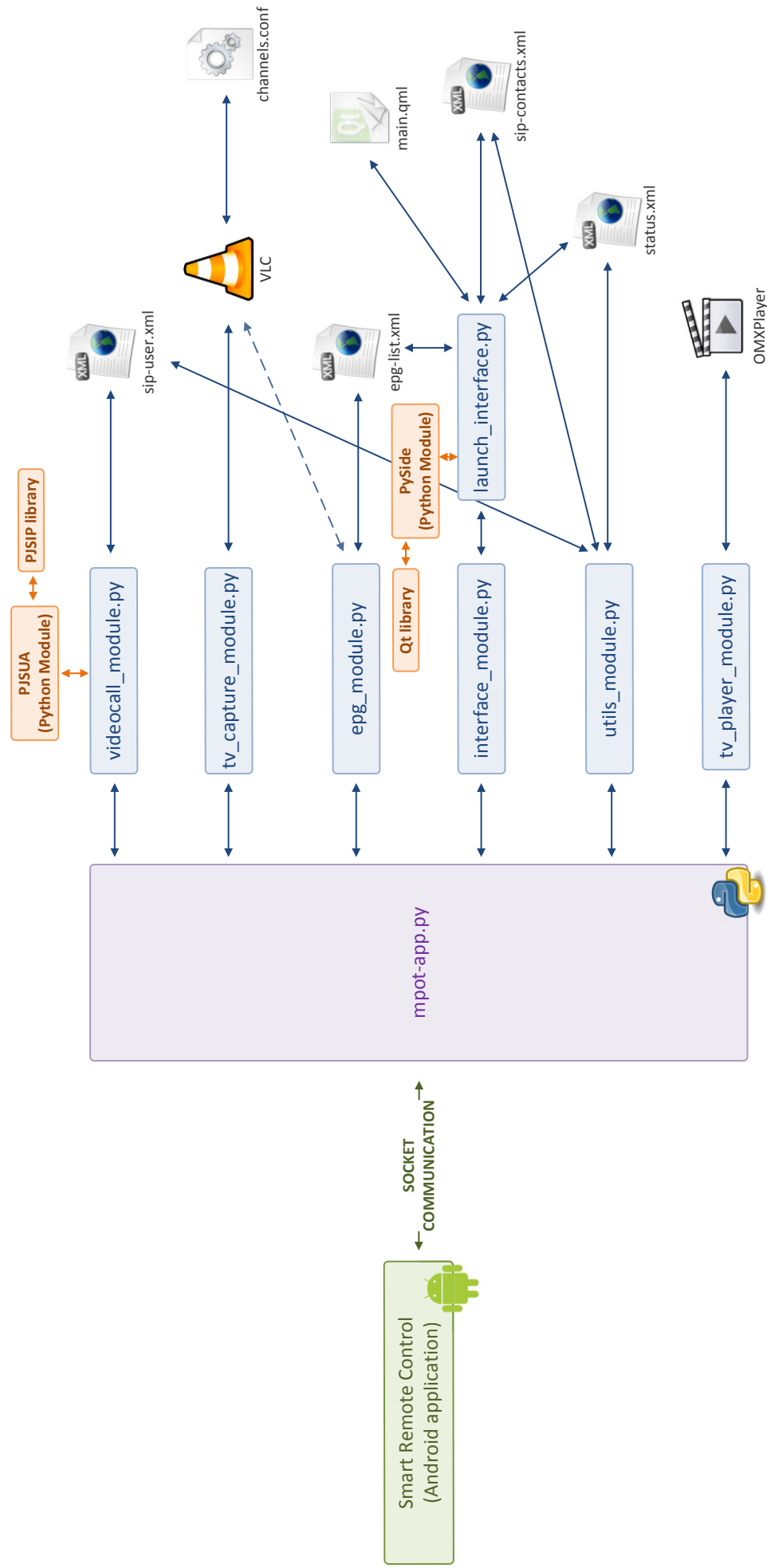


Figura 26 - Arquitetura de software da aplicação mPOT

- **mpot-app.py**

O *script mpot-app.py* é o *script* principal da aplicação mPOT. Este é responsável por interagir com os serviços de televisão e videochamada. Para além disto, é também responsável por receber, validar e executar os comandos enviados pelo *Smart Remote Control*. Durante a sua execução, o *script mpot-app.py* necessita de executar os restantes módulos de *software*, controlando o seu funcionamento.

Com o objetivo de otimizar o desempenho da aplicação, este *script* implementa várias *threads*, de modo a possibilitar a execução dos diversos módulos em simultâneo. Apesar de alguns módulos serem executados em *threads* independentes, a invocação destes é feita de forma sequencial. Assim sendo, o *script mpot-app.py* comporta-se da seguinte forma e ordem:

- 1º. Através do módulo *utils_module.py*, verifica se os ficheiros de configuração existem. Senão existirem, estes são criados;
- 2º. Para dar suporte ao serviço de videochamada, é iniciado numa *thread* o módulo *videocall_module.py*, ficando em execução em segundo plano;
- 3º. O módulo *tv_capture_module.py* é executado numa *thread*, para o acesso ao *stream* multimédia proveniente do dispositivo DVB-T, sendo o processamento deste módulo realizado em segundo plano;
- 4º. Para a obtenção do guia de programação eletrónica, é executado o módulo *epg_module.py*;
- 5º. É iniciada a *interface* gráfica da aplicação através do módulo *interface_module.py*;
- 6º. É iniciada numa *thread* a reprodução multimédia da emissão televisiva, através do módulo *tv_player_module.py*;
- 7º. A aplicação cria um *socket* para a comunicação com o *Smart Remote Control*. É através deste *socket* que recebe os comandos a executar.

De seguida, é explicado detalhadamente o funcionamento de todos os módulos *python* da aplicação mPOT.

- **epg_module.py**

Este módulo implementa as funções para a manipulação da informação relativa ao guia de programação eletrónica. Este é responsável por obter e processar a informação disponibilizada pelo VLC, guardando a mesma em formato XML, no ficheiro *epg-list.xml*.

Tendo em consideração a pouca capacidade de processamento do *Raspberry Pi*, o desempenho na pesquisa da informação (contida no ficheiro *epg-list.xml*) poderia ser afetado, devido a esta ser bastante extensa. Isto, no caso de ser guardada toda a informação disponibilizada pelo VLC, relativa ao guia de programação eletrónica.

Assim sendo, e tendo em que conta que o protótipo a implementar apenas pretende provar o conceito, optou-se por só guardar a lista de programas televisivos do próprio dia, de cada canal, reduzindo assim a informação contida no ficheiro. A *Figura 27* apresenta um excerto do conteúdo ficheiro *epg-list.xml*.

```
<?xml version="1.0"?>
<root>
  <channel name="RTP1">
    <epgItem date="2013-07-09" duration="01:00" hour="20:00:00" program="Telejornal " />
    <epgItem date="2013-07-09" duration="00:30" hour="21:00:00" program="Entrevista Com D. Manuel Clemente " />
    <epgItem date="2013-07-09" duration="00:56" hour="21:30:00" program="Bem-vindos A Beiraís - Ep. 42 " />
    <epgItem date="2013-07-09" duration="01:00" hour="22:26:00" program="Portugueses Pelo Mundo T5 - Ep. 11 " />
    <epgItem date="2013-07-09" duration="01:12" hour="23:26:00" program="5 Para A Meia-Noite T3 - Ep. 126 " />
  </channel>
</root>
```

Figura 27 - Estrutura do ficheiro *epg-list.xml*

Como é possível verificar, neste ficheiro, toda a informação relativa aos programas televisivos está associada ao canal a que pertence. Onde para cada programa televisivo são guardados os seguintes dados: data, hora, duração e título do programa.

Neste módulo, estão também implementadas outras funções que permitem: manipular a informação do ficheiro *epg-list.xml*; obter a informação do programa que está a ser emitido e obter o EPG diário de cada canal.

- **interface_module.py**

O módulo *interface_module.py* tem como função controlar o aparecimento da *interface* gráfica da aplicação, podendo terminar ou iniciar esta. Sendo que para iniciar a *interface* necessita de invocar o módulo *launch_interface.py*.

- **launch_interface.py**

O módulo *launch_interface.py* tem como principais tarefas: iniciar a *interface* gráfica da aplicação e controlar a informação que esta disponibiliza.

Para o desenvolvimento da *interface* da aplicação foi utilizada a biblioteca Qt. A integração da linguagem *Python*, com a biblioteca Qt, foi feita através do módulo *PySide*.

Quando a *interface* é iniciada, é necessário indicar o ficheiro que contém a especificação para o desenho da mesma. Esta especificação encontra-se definida no ficheiro *main.qml* e foi desenvolvida através da linguagem QML.

Tal como já foi referido, este módulo para além, de iniciar a *interface*, também é responsável por gerir a informação, a mostrar através da mesma. Assim, este necessita de aceder aos ficheiros: *epg-list.xml*, para obter a informação relativa ao guia de programação e ao *sip-contacts.xml* (ilustrado na *Figura 28*), para a informação relativa à lista de contactos do utilizador.

```
<?xml version="1.0"?>
<root>
  <contacts>
    <contact sipId="1003" name="Adelino" />
    <contact sipId="1005" name="Joaguina" />
    <contact sipId="1006" name="Julia" />
  </contacts>
</root>
```

Figura 28 - Estrutura do ficheiro *sip-contacts.xml*

O ficheiro *sip-contacts.xml* contém a informação relativa aos vários contactos da lista de utilizadores, em que para cada contacto é guardado o

identificador da conta SIP (número da extensão da conta) através do atributo *sipId* e nome de utilizador no atributo *name*.

Devido ao facto da interação com a aplicação mPOT ser realizada exclusivamente através dos comandos enviados pelo *Smart Remote Control*, não são gerados eventos na *interface* (por exemplo, o utilizador não carrega em nenhum botão da *interface* da aplicação). No entanto, é necessário que esta se atualize (alterne entre janelas, mostre/esconda componentes) em função dos comandos recebidos. Para contornar este problema, foi criado o ficheiro *status.xml* (ilustrado na *Figura 29*), que guarda o estado da *interface*. Este ficheiro contém duas *tags*, *interface* e *videocall*:

- *tag interface*: indica a janela a mostrar na *interface*. Para o caso da janela principal (*main*), esta *tag* possui dois atributos (*contact_list* e *epg*), que indicam a visibilidade da lista de contactos e do guia de programação, respetivamente;
- *tag videocall*: para além de indicar se está a ser recebida uma videochamada, mostra também os dados relativos a quem a está a efetuar. No caso do valor do atributo *calling* ser igual a “*true*”, a aplicação informa o utilizador através de uma notificação na *interface*.

```
<?xml version="1.0"?>
<root>
  <interface contact_list="false" epg="false">main</interface>
  <videocall>
    <incoming calling="false" pic_path="" sip_id="" sip_name="" />
    <sipUser name="" state="offline" />
  </videocall>
</root>
```

Figura 29 - Estrutura do ficheiro *status.xml*

- **tv_capture_module.py**

Este módulo tem como função principal, aceder ao dispositivo DVB-T e capturar o *stream* digital televisivo, através do *software* VLC. Para realizar esta tarefa, o VLC necessita de aceder ao ficheiro *channels.conf*, que contém a lista de canais a capturar e a respetiva configuração.

Foram também implementadas neste módulo funções que permitem: iniciar e parar a captura do *stream*, pausar a captura do *stream*, alternar para o canal seguinte ou anterior, alternar para um canal específico, obter a lista de canais e obter o canal atual.

- **tv_player_module.py**

Este módulo trata de reproduzir o *stream* multimédia, capturado pelo módulo *tv_capture_module.py*.

Inicialmente, foi testada a reprodução dos conteúdos multimédia através do *software* VLC. No entanto, verificou-se que este consumia todo o processamento disponível, levando por vezes ao bloqueio do sistema operativo. Sendo que a nível visual apenas era mostrada a primeira *frame* do *stream*.

Concluiu-se então, que era necessário utilizar um reproduzidor multimédia que implemente mecanismos de aceleração por *hardware*. Verificou-se, que o *software* VLC ainda não implementa aceleração por *hardware*, para o Sistema Operativo *Raspbian*, foi então necessário utilizar o reproduzidor multimédia *Omxplayer*, que foi desenvolvido especificamente para a plataforma *Raspberry* e que já implementa nativamente mecanismos de aceleração por *hardware*.

Este módulo também implementa funções para: iniciar/terminar as reproduções multimédia, diminuir/aumentar e silenciar/reativar o volume sonoro da emissão.

- **utils_module.py**

O módulo *utils_module.py* implementa funções que são comuns a vários módulos. Estas passam pela criação, acesso e manipulação da informação dos ficheiros *status.xml*, *sip-user.xml* e *sip-contacts.xml*.

- **videocall_module.py**

O módulo *videocall_module.py* é muito importante, no contexto da aplicação, dado que implementa um cliente SIP e trata de toda a interação com o servidor VoIP, permitindo realizar e receber videochamadas.

De modo a agilizar o desenvolvimento do cliente SIP, optou-se por utilizar o módulo para *python* PJSUA. Este módulo fornece uma API de alto nível de abstração, que permite a construção de aplicações que implementam clientes SIP (SIP *user agent*) de uma forma mais simplificada. Este módulo utiliza a biblioteca PJSIP que implementa (entre outros) o protocolo SIP.

```
<?xml version="1.0"?>
<root>
  <idSip>1001</idSip>
  <registrar>192.168.1.101</registrar>
  <realm>*</realm>
  <username>Clarinda</username>
  <password>secret</password>
</root>
```

Figura 30 - Estrutura do ficheiro *sip-user.xml*

Os dados para a configuração da conta do cliente SIP e posterior registo no servidor estão no ficheiro *sip-user.xml*, ilustrado pela *Figura 30*. Sendo que este guarda os seguintes dados:

- *idSip* – identificador da conta SIP (número da extensão da conta);
- *registrar* – endereço que permite ao cliente SIP registar-se no servidor VoIP;
- *realm* – domínio de autenticação;
- *username* – *username* da conta SIP;
- *password* – *palavra-passe da conta SIP*.

- **Classes adicionais**

De modo a facilitar a programação da aplicação mPOT, foram definidas classes para representar os dados. Estas classes são apresentadas através da *Tabela 5*.

Classe	Atributos	O que representa?
Channel	<i>name</i> : nome do canal; <i>internal_id</i> : identificador interno atribuído pelo VLC; <i>current</i> : <i>flag</i> que indica se o canal está em reprodução.	Representa um canal televisivo
EpgProgram	<i>date</i> : data de emissão; <i>hour</i> : hora de emissão; <i>duration</i> : duração em minutos; <i>program</i> : título do programa; <i>description</i> : sinopse do programa.	Representa um programa televisivo do EPG
SipConf	<i>idSip</i> : identificador da conta SIP; <i>registrar</i> : endereço do servidor VoIP para o registo; <i>realm</i> : domínio de autenticação; <i>username</i> : nome de utilizador da conta; <i>password</i> : palavra-chave da conta;	Representa a configuração da conta SIP
SipBuddy	<i>sipId</i> : identificador da conta SIP (número de extensão da conta); <i>name</i> : nome do contacto;	Representa cada um dos elementos da lista de contactos

Tabela 5 - Classes implementadas na aplicação mPOT

4.3.3 Prototipagem da *interface*

De modo a estudar qual a melhor forma de implementar a *interface* da aplicação em função das funcionalidades definidas, foram desenhados protótipos de baixa fidelidade para a mesma. Estes, serviram base ao desenvolvimento da *interface* final da aplicação.

De seguida, são apresentados e explicados os protótipos desenvolvidos.

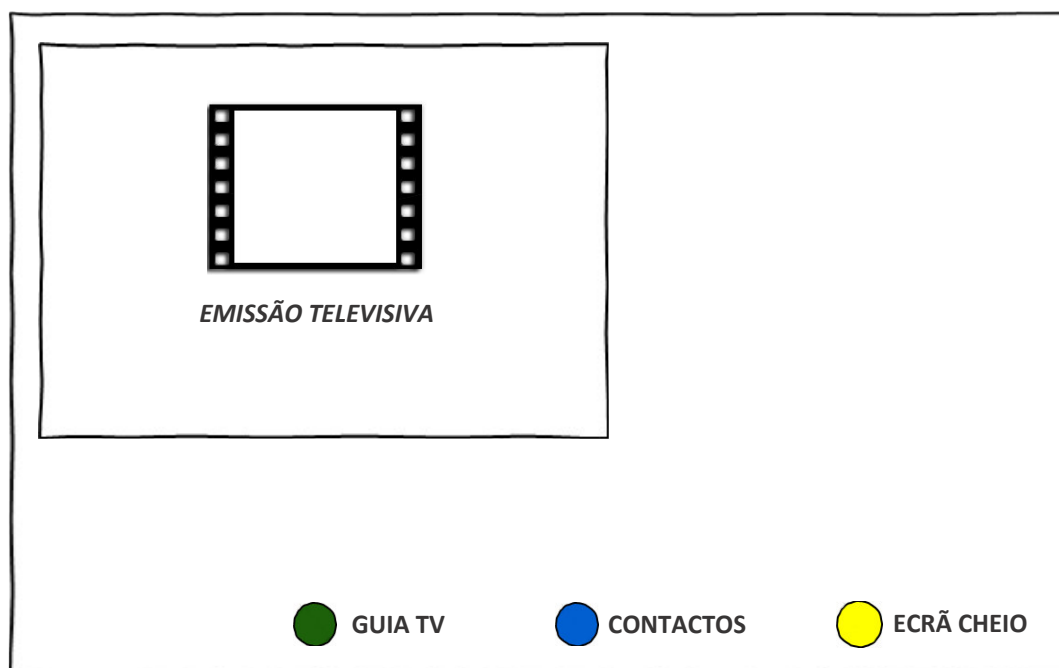
Protótipo de interface “Janela Principal”

Figura 31 - Protótipo de interface “Janela Principal”

Este protótipo, ilustrado pela *Figura 31*, representa a janela principal que aparecerá ao utilizador quando este iniciar a aplicação. Esta janela, contém um espaço que irá permitir ao utilizador visualizar a emissão televisiva. Na parte inferior da janela, existirá a indicação de três opções, em que a cada uma está associada a um círculo colorido. Cada círculo, corresponde ao botão que deverá ser pressionado no *Smart Remote Control* para aceder à funcionalidade. Estas opções são as seguintes:

- Círculo verde – com o nome “Guia TV” – para visualizar o guia de programação, através da janela “Janela Guia de Programação”;
- Círculo azul – com o nome “Contatos” – para visualizar a lista de contactos, através da janela “Janela Lista de Contatos”;
- Círculo amarelo - com o nome “Ecrã cheio” – para visualizar a emissão televisiva em ecrã cheio, através da janela “Janela Televisão”.

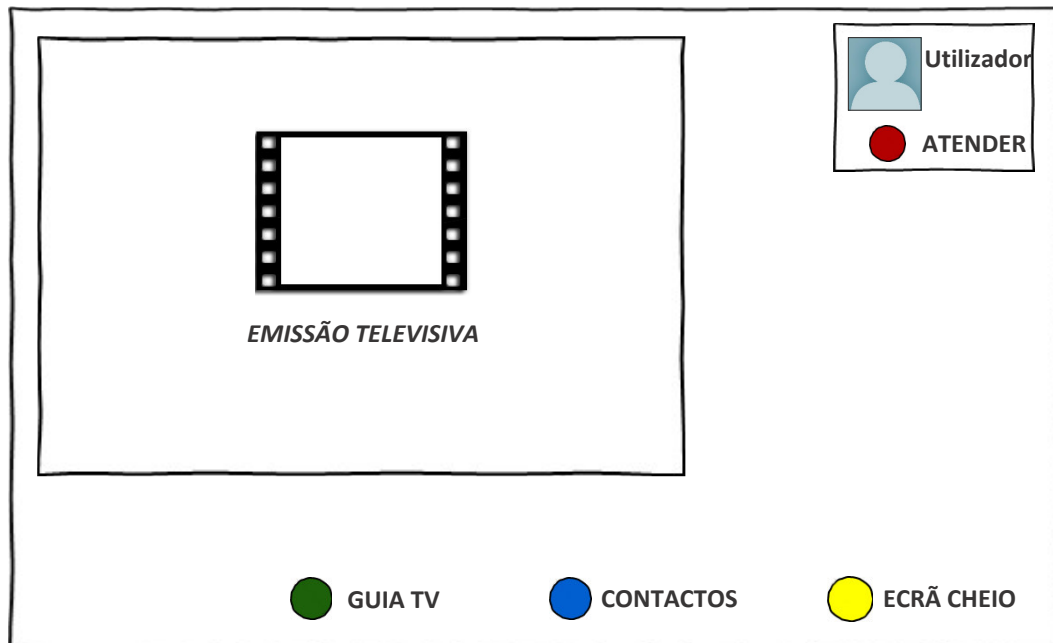
Protótipo de *interface* “Janela Principal com notificação”

Figura 32 - Protótipo de *interface* “Janela Principal com notificação”

A janela ilustrada pelo protótipo da *Figura 32* é a mesma que foi anteriormente apresentada na *Figura 31*, no entanto, neste caso aparece um elemento com uma notificação a informar o utilizador que está a receber uma videochamada. Neste elemento, é mostrado nome e a fotografia de quem está a realizar a videochamada, bem como a indicação que o botão vermelho deve ser pressionado do *Smart Remote Control*, para atender a mesma. A escolha da cor vermelha para o botão de atendimento, prendeu-se com o facto de nas aplicações “*autostart*” do padrão HbbTV o botão da notificação ser também desta também desta cor [5].

De notar que, a notificação de receção de videochamada pode ser mostrada em todas as janelas da *interface* aplicação, exceto na janela “Janela Videochamada”. Pois nesta, o utilizador já se encontra ocupado a realizar uma videochamada.

Protótipo de *interface* “Janela Guia de Programação”

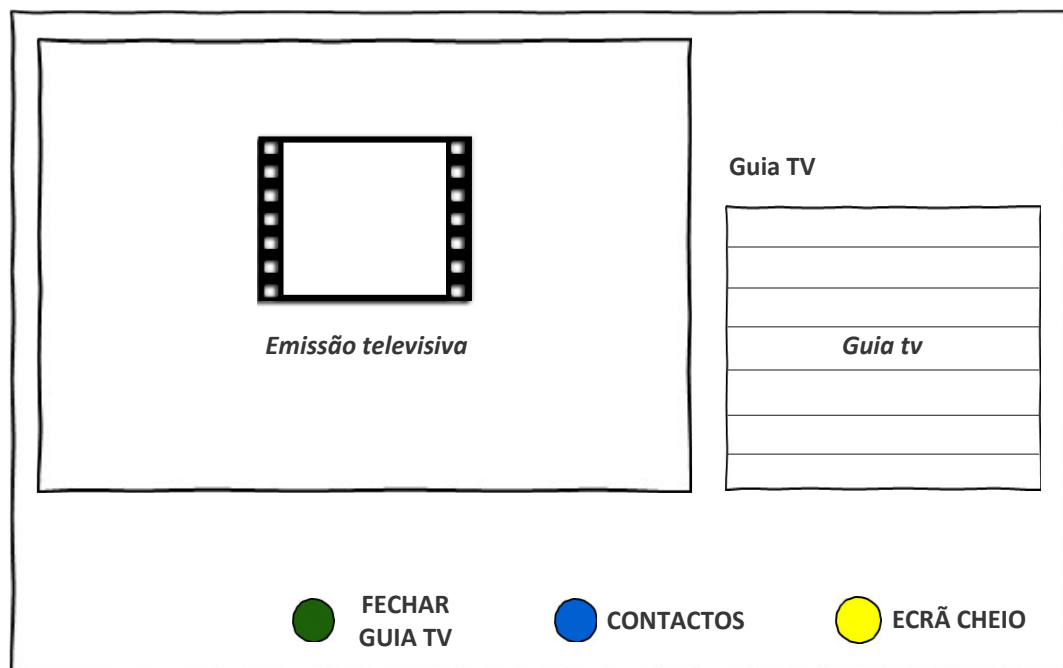


Figura 33 - Protótipo de *interface* “Janela Guia de Programação”

O protótipo, ilustrado pela Figura 33, representa a janela onde é disponibilizada ao utilizador a lista com o guia de programação, em que cada item da lista é um programa televisivo.

Nesta janela deve ser possível visualizar em simultâneo a emissão televisiva. Na parte inferior da janela, serão disponibilizadas as opções para: fechar o guia TV (através do botão verde), aceder à lista de contactos (através do botão azul) e visualizar a emissão em ecrã cheio (através do botão amarelo).

Protótipo de *interface* “Janela Lista de Contatos”

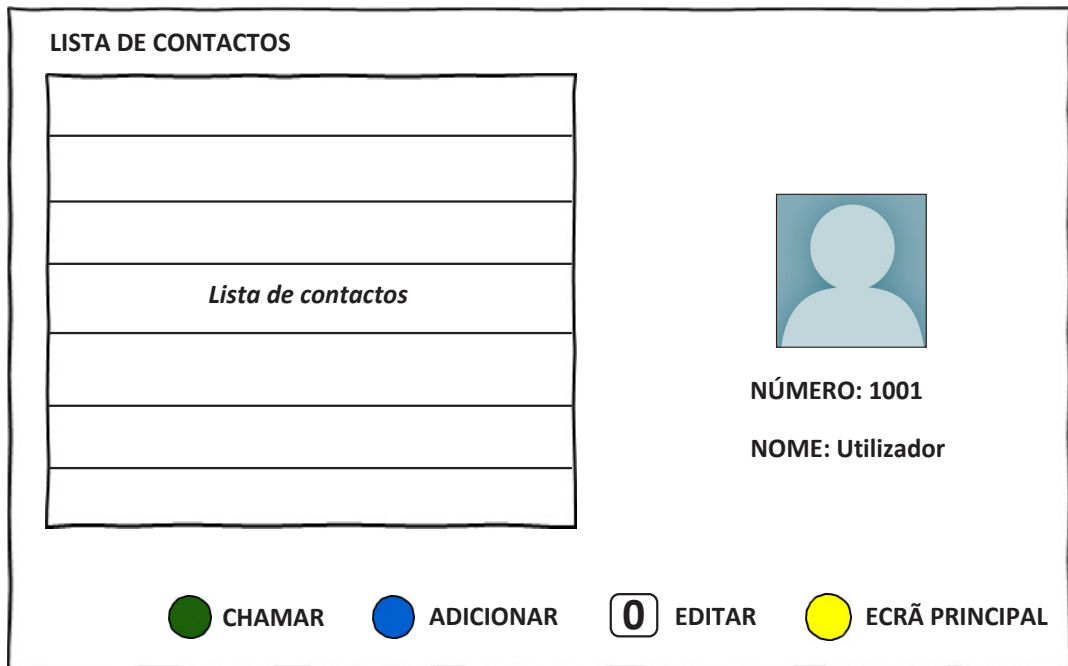


Figura 34 - Protótipo de *interface* “Janela Lista de Contatos”

A *Figura 34*, mostra graficamente o protótipo da *interface* “Janela Lista de Contatos”. O objetivo principal desta janela é mostrar a lista de contactos do utilizador. Quando é selecionado um contato na “Lista de contactos” é mostrada informação deste na parte direita da *interface*. A informação a mostrar relativa ao contato é: a fotografia, o identificador da conta SIP e o nome do contacto.

Quando um contato está selecionado também deverá ser possível:

- Realizar uma videochamada para este através do botão verde “Chamar”;
- Editar a informação do mesmo, através do botão “zero” do *Smart Remote Control*. Neste caso será utilizado um número para esta opção, dado que à partida será uma funcionalidade utilizada com pouca frequência (a informação de um contato quando é adicionada raramente será atualizada) e também porque as restantes cores já se encontram requisitadas para as outras opções. A cor vermelha, não se encontra ilustrada neste protótipo mas também não poder ser utilizada para esta opção, pois como já foi referido, a notificação de receção de chamada pode aparecer nesta janela e tem associada o botão vermelho;

- Adicionar um novo contato através do botão azul “Adicionar”;
- Visualizar a emissão em ecrã cheio através do botão amarelo “Ecrã cheio”.

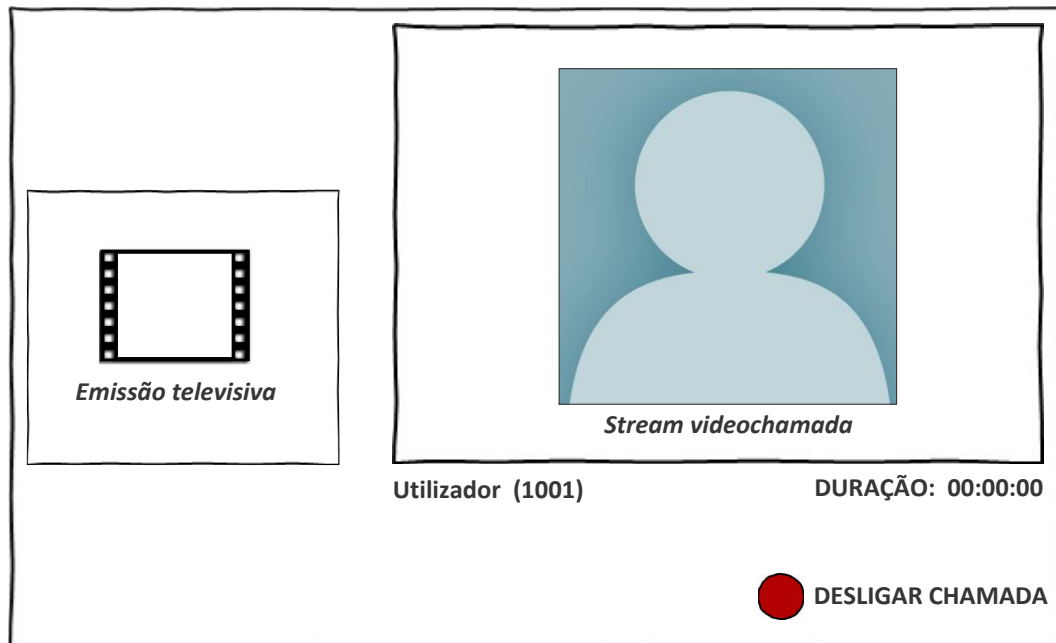
Protótipo de *interface* “Janela Edita Contato”

O protótipo da interface 'Janela Edita Contato' é apresentado dentro de um retângulo. No canto superior esquerdo, o título 'LISTA DE CONTACTOS' está escrito. Abaixo dele, há uma lista de sete linhas horizontais. A terceira linha da lista contém o texto 'Lista de contactos'. À direita da lista, há um ícone de perfil de usuário em um quadrado azul. Abaixo do ícone, há dois campos de entrada de texto: 'NÚMERO:' seguido de um campo contendo '1001', e 'NOME:' seguido de um campo contendo 'Utilizador'. Na base da janela, há dois botões: um verde rotulado 'GUARDAR' e um azul rotulado 'CANCELAR'.

Figura 35 - Protótipo de *interface* “Janela Edita Contato”

A janela presente no protótipo, *Figura 35*, representa a janela de edição de contacto. Esta janela deve permitir a edição ou a adição da informação de um contacto, inserindo o identificador da conta SIP (número de extensão) e nome de utilizador.

Por limitações temporárias e por não ser considerada uma funcionalidade prioritária esta janela não foi implementada.

Protótipo de interface “Janela Videochamada”**Figura 36 - Protótipo de interface “Janela Videochamada”**

Este protótipo (ilustrado pela *Figura 36*) representa o aspeto visual pensando para a janela de videochamada. Esta janela tem como objetivo principal permitir a realização das videochamadas. Para tal, deve ser possível a visualização do *stream* de vídeo do outro utilizador participante na videochamada. Simultaneamente também deve ser possível visualizar a emissão televisiva, embora esta tenha menos destaque na janela, ocupando menos área na mesma.

A informação relativa ao outro utilizador (nome e identificador da conta SIP) também deve estar presente nesta janela, assim como a duração da videochamada.

Na parte inferior da janela deverá ser disponibilizada a opção para terminar a videochamada, através do botão vermelho.

Protótipo de *interface* “Janela Televisão”

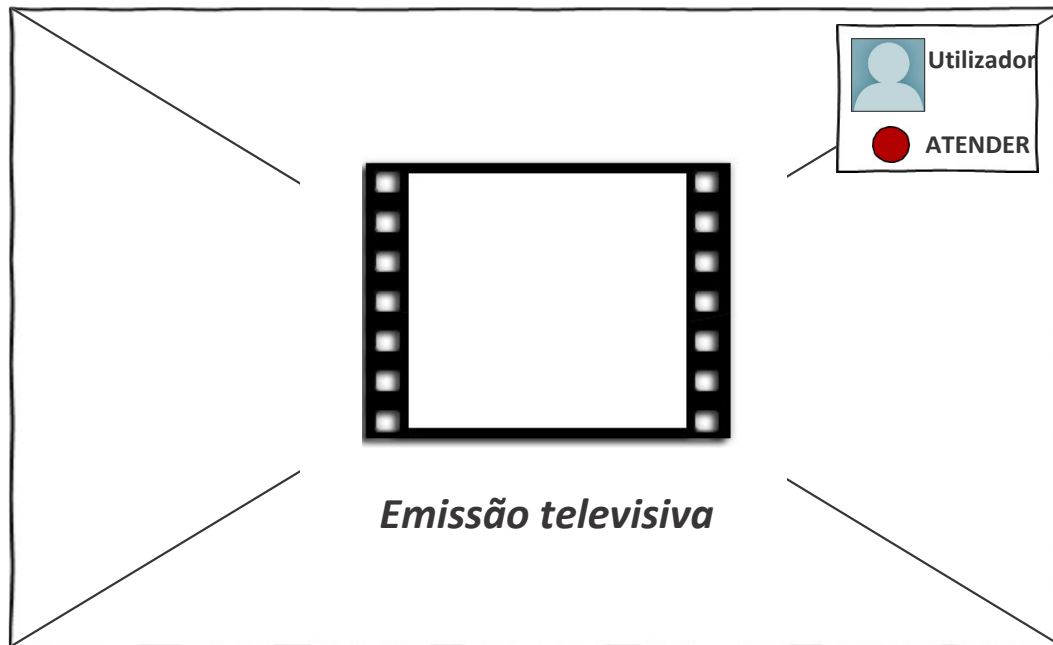


Figura 37 - Protótipo de *interface* “Janela Televisão”

A *Figura 37*, mostra graficamente o protótipo da *interface* “Janela Televisão”. O objetivo principal desta janela é a visualização da emissão televisiva em ecrã cheio, ou seja, esta ocupa todo o espaço disponível no ecrã. Nesta janela, quando está a ser recebida uma videochamada, a notificação de receção de videochamada deverá sobrepor-se aos conteúdos televisivos, de forma a informar o utilizador.

4.3.4 *Interface*

Com base nos protótipos de baixa fidelidade anteriormente elaborados, foi desenvolvida a *interface* final da aplicação mPOT. Esta *interface* não implementa rigorosamente todos os componentes gráficos definidos nos protótipos, sendo que com o decorrer da implementação foi necessário fazer alguns ajustes em função das dificuldades que foram aparecendo, aquando a elaboração dos protótipos.

Tendo em conta que esta é a *interface* que os utilizadores, na sua maioria idosos, irão utilizar para o acesso ao serviço, foram tidos em consideração alguns aspetos importantes no desenvolvimento desta, de modo a que o sistema pudesse ser utilizável pela população sénior. Assim, foi dada especial atenção aos seguintes aspetos:

- *Interface* simples e sem demasiada informação;
- Texto com tamanho grande, para uma leitura mais facilitada (tamanho mínimo utilizado 25px);
- Contraste entre o fundo e o texto, foi utilizada uma proporção de contraste de 5.04 (em conformidade com a orientação WCAG 2 AA [45]).

De seguida, serão apresentadas e explicadas as várias janelas constituintes da *interface* final da aplicação mPOT.

Interface “Janela Principal”



Figura 38 - Interface “Janela Principal”

Na *Figura 38*, é ilustrada a *interface* “Janela Principal”. Esta é a janela principal da aplicação, permitindo visualizar a emissão televisiva e aceder às restantes funcionalidades da aplicação: guia de programação eletrónica (botão verde “Programação”), lista de contactos (botão azul “Contatos”) e ver emissão em ecrã inteiro (botão amarelo “Ecrã inteiro”). Esta janela é semelhante ao protótipo desenhado para a “Janela Principal” (ilustrado na *Figura 31*), no entanto foram adicionados alguns elementos à *interface* como:

- Na parte inferior da janela, para além das opções antes definidas, foi adicionado um ícone com uma descrição, que indica qual o estado do registo do cliente SIP (*online*, a registrar e *offline*). Este ícone, muda de cor em função do estado do registo. A *Tabela 6* indica os vários estados e o seu significado;
- Abaixo do reproduzidor da emissão televisiva, foi adicionada informação que indica o título do programa que está a ser visualizado;
- À direita do reproduzidor da emissão, está uma imagem com o ícone do canal televisivo que está a ser transmitido.




Imagem	Estado	Significado
	Offline	Indica que a aplicação <i>mPOT</i> não se conseguiu registrar junto do servidor, estando o serviço de videochamada indisponível.
	A registrar	Indica que a aplicação <i>mPOT</i> está a efetuar o registo junto do servidor.
	Online	Indica que a aplicação <i>mPOT</i> efetuou o registo com sucesso junto do servidor, estando o serviço de videochamada disponível.

Tabela 6 - Ícone estado do serviço de videochamada

De notar que a barra inferior, com a indicação do estado do serviço de videochamada e as opções: “Programação”, “Contatos” e “Ecrã inteiro”, aparece também nas janelas “Janela Guia de Programação” e “Janela Lista de Contatos”.

Interface “Janela Principal com notificação de videochamada”

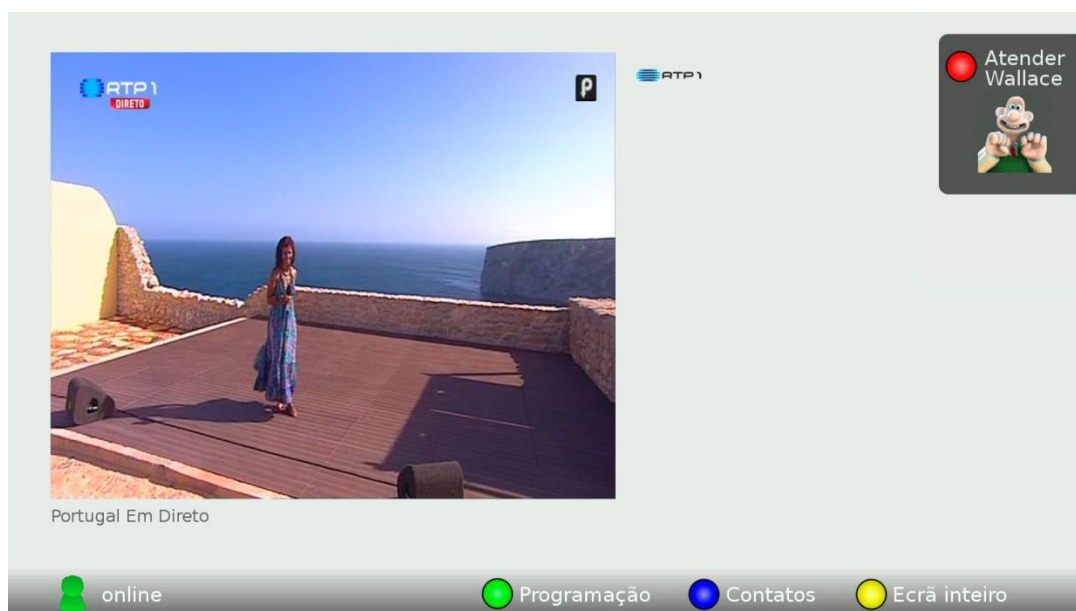


Figura 39 - Interface “Janela Principal com notificação de videochamada”

A *Figura 39* ilustra graficamente a notificação de recepção de videochamada na janela “Janela Principal”. Esta notificação aparece no canto superior direito do ecrã, com a informação (nome e fotografia) de quem está a efetuar a videochamada, bem como a indicação de que é necessário carregar no botão vermelho para a atender. De notar que esta notificação aparece em todas as restantes janelas da *interface*, exceto na janela “Janela Videochamada”. A *Figura 40* ilustra a notificação de recepção de videochamada.

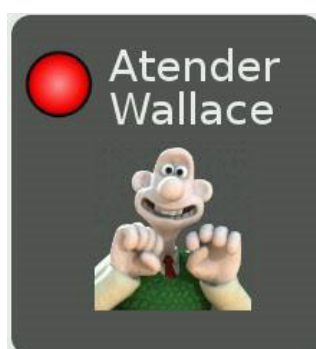


Figura 40 - Notificação de recepção de videochamada

Interface “Janela Guia de Programação”



Figura 41 - Interface “Janela Guia de Programação”

Na *Figura 41* é apresentada a janela onde é mostrado o guia de programação eletrónico do canal. A listagem de programação é relativa ao canal que está a ser visualizado, onde cada elemento da lista se refere a um programa televisivo, contendo informação acerca deste (hora de início de emissão e título do programa).

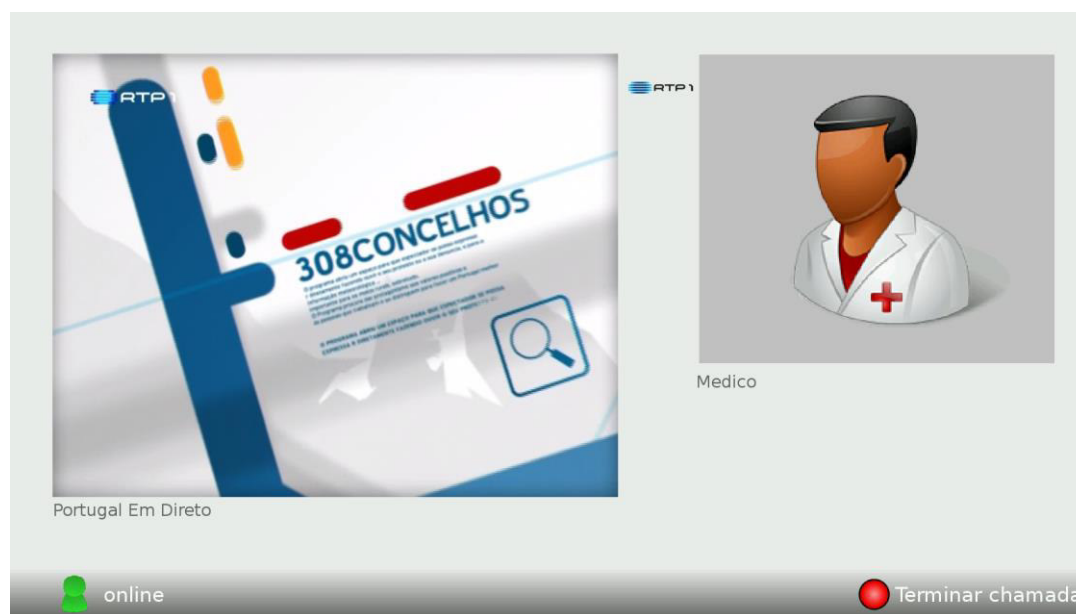
Interface “Janela Lista de Contatos”



Figura 42 - Interface “Janela Lista de Contatos”

Na *Figura 42* é apresentada a janela onde é disponibilizada a lista de contatos do utilizador. Cada elemento da lista mostra informação relativa a um contato (identificador da conta SIP e nome do contato).

Devido ao facto de a interação com a aplicação não ser através da própria *interface*, mas sim através dos comandos enviados pelo *Smart Remote Control*, leva a que seja difícil a programação da *interface* de modo a permitir a navegação através dos itens da lista. Não sendo, assim, possível selecionar e efetuar uma videochamada para um contato através da *interface*. No entanto, convém referir que a aplicação mPOT está preparada para realizar videochamadas através de comandos enviados pelo *Smart Remote Control*, tal como irá ser explicado no *subcapítulo 4.4* (Módulo *Smart Remote Control*).

Interface “Janela Videochamada”**Figura 43 - Interface “Janela Videochamada”**

A *Figura 43* representa a *interface* “Janela Videochamada” e tem como principal objetivo permitir ao utilizador realizar a videochamada em simultâneo com a visualização da emissão televisiva. Assim, optou-se por dividir esta janela em duas partes, a parte esquerda para o serviço de televisão e a parte direita para o serviço de videochamada.

Na parte esquerda, tal como na *interface* “Janela Principal”, existe o reprodutor que permite ao utilizador assistir à emissão televisiva. Para além disso, também é disponibilizada a informação do programa que está a ser emitido e a indicação do canal televisivo (através do logo do canal).

Na parte direita da *interface*, existe uma área para a visualização do *stream* de vídeo do outro interveniente na videochamada. Abaixo desta área, é possível visualizar o nome do outro utilizador interveniente na videochamada.

A barra inferior desta *interface*, apenas possui a indicação do estado do serviço de videochamada e a opção “Terminar chamada” para terminar a chamada, através do botão vermelho.

Convém referir, que o objetivo inicial do serviço mPOT, tal como já foi anteriormente mencionado, era de disponibilizar o *stream* de vídeo, daí ser o

serviço de videochamada, no entanto, devido às limitações a nível de processamento do equipamento escolhido para a *Smartbox (Raspberry Pi)* não foi possível implementar esta funcionalidade do modo inicialmente idealizado. O *subcapítulo 5.2* mostra os testes realizados ao desempenho, a nível de processamento, da *Smartbox*, que comprovam este impedimento. De forma, a contornar esta situação, optou-se por apresentar a imagem do outro utilizador que está a realizar a videochamada, em vez de se transmitir o *stream* de vídeo. No *capítulo 4.5* (Módulo Servidor Aplicacional) são descritas as modificações realizadas no servidor.

Interface “Janela Televisão”



Figura 44 - Interface “Janela Televisão”

Na *Figura 44*, é apresentada a janela que permite ao utilizador visualizar a emissão televisiva em ecrã cheio, ou seja, a reprodução dos conteúdos multimédia é feita utilizando todo o espaço disponível do ecrã.

À semelhança de outras *interfaces*, também nesta é mostrada a notificação de receção de videochamada, bastando ao utilizador carregar no botão vermelho do *Smart Remote Control*, para atender a videochamada.

4.4 Módulo *Smart Remote Control*

O módulo *Smart Remote Control* foi desenvolvido pelos estudantes Carlos Duarte e Paulo Pereira, sendo orientado pelo Professor António Pereira, no âmbito da unidade curricular de Projeto Informático do curso de Engenharia Informática, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria. De referir, que o módulo *Smart Remote Control*, foi projetado em conjunto com o trabalho apresentado nesta dissertação, tendo seguido os requisitos definidos para o serviço mPOT.

O resultado deste projeto consistiu numa aplicação para dispositivos móveis *Android*, que pretende simular um comando remoto televisivo. Esta aplicação denominada de *Smart Remote Control*, para além de possuir as funcionalidades básicas de um comando remoto, possui também características mais avançadas que serão descritas ao longo do presente subcapítulo.

4.4.1 Aplicação *Smart Remote Control*

Foi um objetivo deste módulo que a *interface* da aplicação *Smart Remote Control* fosse simples e intuitiva, permitindo ao idoso operar de forma facilitada com a plataforma. Assim, o desenvolvimento da *interface* teve em especial atenção as várias limitações comuns à população sénior. Esta *interface* foi desenvolvida seguindo as diretrizes da *Web Content Accessibility Guidelines 2.0* (WCAG). O WCAG 2.0 é uma lista de recomendações para a produção de *interfaces* mais acessíveis [46]. A *Figura 45* ilustra a *interface* da aplicação *Smart Remote Control*.

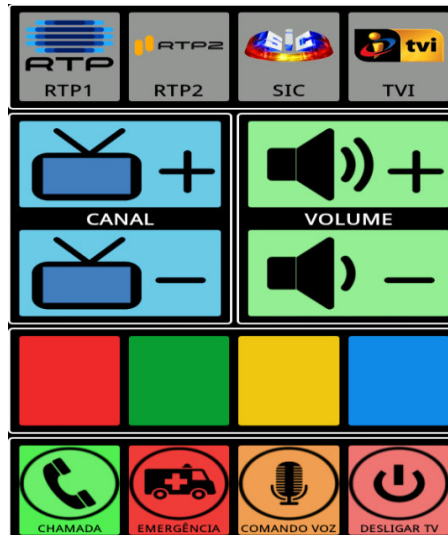


Figura 45 - Interface da aplicação *Smart Remote Control*

Como se pode verificar através da figura anterior, os botões da *interface* da aplicação encontram-se dispostos em cinco grupos:

- Os quatro botões do topo permitem mudar a emissão televisiva para um canal concreto (RTP 1, RTP 2, SIC e TVI);
- Os botões, do grupo “Canal”, canal - e canal + possibilitam mudar a emissão televisiva para o canal anterior ou seguinte, respetivamente;
- Os botões, do grupo “Volume”, servem para aumentar e diminuir o volume sonoro da emissão televisiva;
- Os botões de contexto (vermelho, verde, amarelo e azul) correspondem aos botões presentes na *interface* da aplicação mPOT, não tendo estes funções concretas, pois variam de acordo com a janela ativa na *interface* mPOT;
- Na parte inferior da *interface* do SRC existem quatro botões:
 - Botão “Chamada” - que está associado a outro projeto e permite navegar numa lista de contactos;
 - Botão “Emergência” - que permite ao idoso, em caso de necessidade, efetuar rapidamente uma videochamada para o serviço de assistência médica, através da aplicação mPOT;
 - Botão “Comando de voz” - que permite a interação com o SRC através de comandos de voz;
 - Botão “Desligar TV” – que permite terminar a aplicação mPOT na *Smartbox*.

4.4.2 Modelo de comunicação com a *Smartbox*

Para que o *Smart Remote Control* controle a aplicação da *Smartbox*, é necessário que estes comuniquem. Esta comunicação é realizada com recurso a um *socket Transmission Control Protocol (TCP)*, através do qual são enviados os comandos a processar pela aplicação mPOT.

A *Figura 46* ilustra o mecanismo de comunicação entre o *Smart Remote Control* e a *Smartbox*.

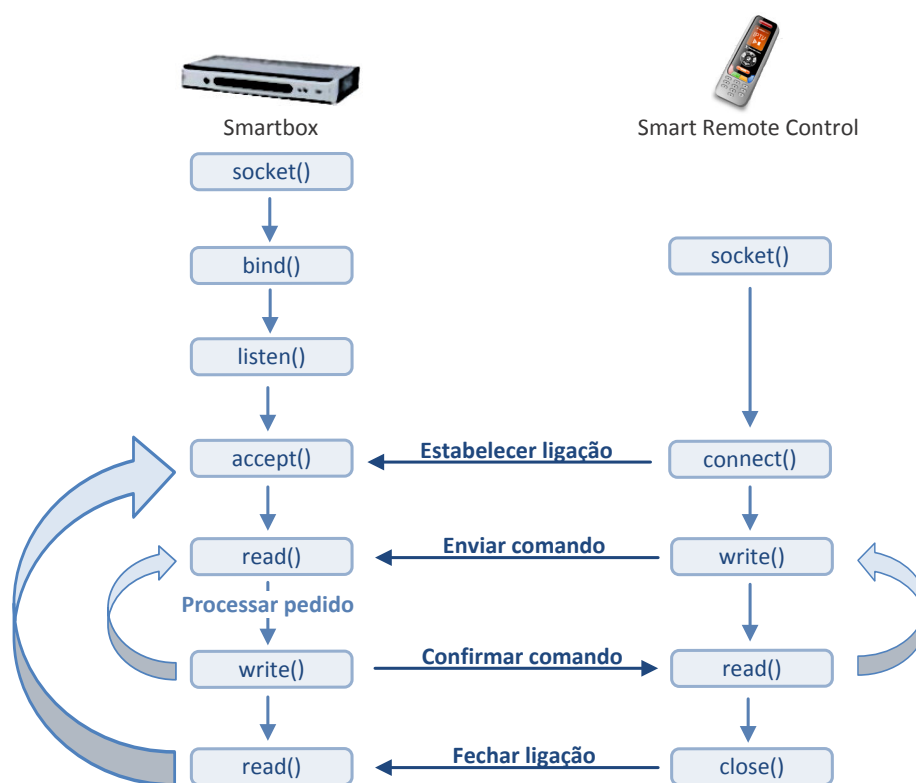


Figura 46 - Esquema do modelo de comunicação entre a *Smartbox* e o *Smart Remote Control*

Como é possível observar, para o estabelecimento de comunicações TCP, a *Smartbox* cria um *socket* de escuta (*socket*). De seguida é definido o endereço IP e o porto (8076 para o caso da aplicação mPOT) onde irá receber os comandos enviados pelo *Smart Remote Control* (*bind*). Depois, entra em modo de escuta (*listen*) à espera do pedido de ligação do SRC (*accept*). Entretanto, para o SRC estabelecer comunicação com a *Smartbox*, tem de criar um *socket* (*socket*) e ligar-se ao endereço IP e porto previamente definido (*connect*).

A partir deste ponto é estabelecida a comunicação e a *Smartbox* fica à espera (*read*) dos comandos enviados pelo SRC (*write*). Quando a *Smartbox* recebe um

comando, este é processado e enviada (*write*) uma resposta de confirmação para o SRC, “*command ok*” caso o comando seja válido e “*invalid command*” caso seja inválido.

Quando o SRC termina a ligação (*close*), a *Smartbox* entra novamente em modo de escuta de novos pedidos de ligação.

Para que a aplicação *mPOT* interprete corretamente as instruções dadas pelo *Smart Remote Control*, foi definido um conjunto de comandos, sendo que a cada comando está associada uma ação a realizar pela aplicação. A *Tabela 7* apresenta e descreve os comandos especificados.

	Comando	Descrição
Televisão	<i>set_channel x</i>	Muda para o canal com o ID x
	<i>set_channel up</i>	Muda para o canal seguinte
	<i>set_channel down</i>	Muda para o canal anterior
	<i>set_volume up</i>	Aumenta o volume
	<i>set_volume down</i>	Diminui o volume
Videochamada	<i>make_call <sip_id></i>	Efetua videochamada para a conta SIP com o identificador <i>sip_id</i>
Contexto	<i>Yellow</i>	Envio do comando do botão yellow
	<i>Red</i>	Envio do comando do botão red
	<i>Blue</i>	Envio do comando do botão blue
	<i>Green</i>	Envio do comando do botão green
	<i>0...9</i>	Envio de números de 0 a 9
Aplicação	<i>Exit</i>	Terminar aplicação

Tabela 7 - Lista de comandos

Como é possível verificar, os comandos estão divididos em quatro grupos:

- Televisão - para a interação com a emissão televisiva (mudar de canal e alterar volume de som);
- Videochamada – para a indicar à *Smartbox* que se pretende realizar uma videochamada para o contato com o identificador *sip_id* (número de extensão);

- Contexto – comandos associados os botões presentes (verde, amarelo, azul, vermelho e números) na *interface* da aplicação mPOT. O significado prático deste comandos varia em função da janela ativa na aplicação mPOT. Por exemplo, o botão vermelho está associado á função de atender uma videochamada, mas também está associada á função de a terminar (na janela “Janela Videochamada”);
- Aplicação – contém um comando para o encerramento da aplicação mPOT.

De notar que todo o modelo de comunicação: estabelecimento de comunicação TCP, definição de endereço IP, porto e lista de comandos, foi desenvolvido em conjunto com a equipa do módulo *Smart Remote Control*.

4.5 Módulo Servidor Aplicacional

Neste módulo está presente o servidor aplicacional que fornece o serviço VoIP à aplicação mPOT. Durante este subcapítulo aborda-se o processo de instalação, configuração e alterações feitas ao servidor aplicacional VoIP.

Software aplicacional

Considerando que o objetivo deste módulo passa por disponibilizar o serviço VoIP, foi escolhido o *software* livre *Trixbox CE* (versão 2.8.0.4). Este *software* permite a instalação, configuração e gestão de um sistema VoIP *Asterisk Private Branch Exchange* (PBX).

A instalação do *software Trixbox CE* foi feita a partir da imagem disponibilizada³ pela *Fonality*⁴, entidade que desenvolveu o projeto. Durante a instalação do *Trixbox CE* são também instalados os seguintes componentes:

- *CentOS* - Sistema Operativo Linux onde o *Trixbox* foi desenvolvido;
- *Asterisk* - disponibiliza as funcionalidades de PBX;
- *freePBX* – disponibiliza a *interface web* para a configuração gestão do *Asterisk*, (ver *Figura 47*);

³ <http://sourceforge.net/projects/asteriskathome/files/>

⁴ <https://www.fonality.com/>

- *Flash Operator Panel (FOP)* – disponibiliza uma *interface* em *flash*, que permite visualizar o estado das chamadas, em tempo real;
- *MySQL, Apache, PHP* e outras bibliotecas.

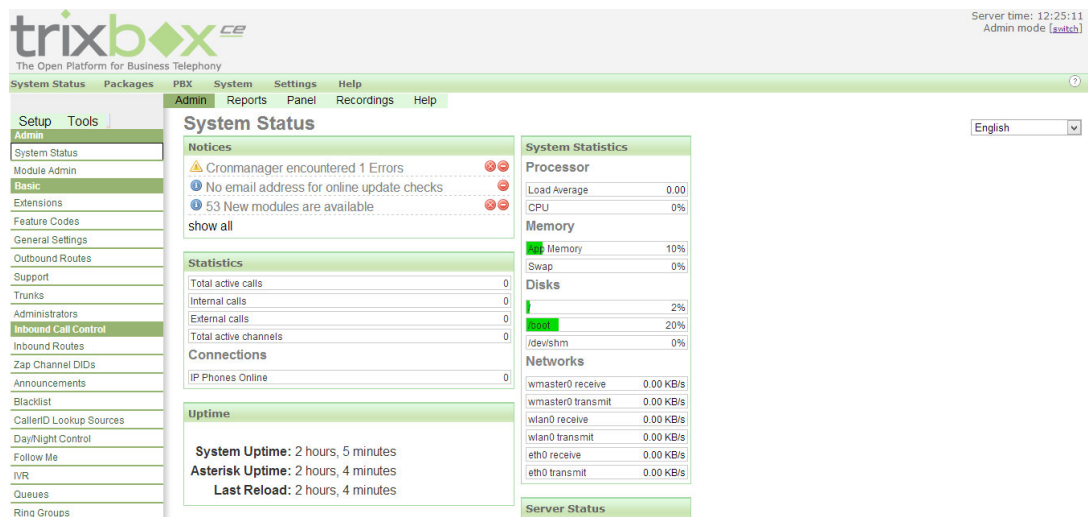


Figura 47 - Interface web para a gestão e configuração do serviço

Depois de instalado o *software Trixbox*, foi necessário configurar as contas VoIP. A configuração foi efetuada, através do *freePBX*, preenchendo o formulário da página “*Add an Extension*” nos seguintes campos:

- *User Extension*: número da extensão (anteriormente designado como identificador SIP);
- *Display Name*: nome do utilizador;
- *Secret*: palavra-passe.

Os restantes campos do formulário foram deixados com a configuração por omissão.

Hardware do servidor

Tendo em conta que na fase de implementação do protótipo a carga no servidor VoIP é relativamente baixa, optou-se por utilizar um computador portátil para funcionar como servidor.

As especificações do equipamento utilizado para assumir as funções de servidor VoIP são apresentadas de seguida na *Tabela 8*.

Caraterísticas	
Computador	HP 530 Notebook
Processador	Intel Core Duo T2400 (2 cores a 1.83 GHz)
Memória Ram	2 GB
Disco Rígido	120 GB
Placa de Rede	10/100 <i>Ethernet</i>

Tabela 8 - Especificações do servidor VoIP

Associação de imagens às contas SIP

Como já foi referido, aquando a realização de uma videochamada, é mostrada, no *software* mPOT, a imagem do outro utilizador participante. A imagem deste utilizador aparece tanto na notificação de receção de videochamada, como durante a realização da mesma. Como o *software* *Trixbox* não implementa nativamente a funcionalidade de associar imagens às contas SIP, foi criada a diretoria “*sip-users-images*” no servidor para armazenar as mesmas. Esta diretoria tem o caminho “*/var/www/html/sip-users-images/*” e contém duas pastas, a pasta “*Thumbs*” com imagens de tamanho reduzido para as imagens, que aparecem na notificação de receção de videochamada e a pasta “*Pictures*”, que contém imagens dos utilizadores, com uma maior resolução, para mostrar durante a videochamada.

De modo a associar corretamente as imagens às contas SIP, o nome dado ao ficheiro da imagem segue o formato “*<id_sip>.png*”. Por exemplo a conta SIP com o identificador (número de extensão) 1001 terá a imagem com o nome 1001.png. De notar que não é obrigatório que todas as contas possuam uma imagem associada, pois nestes casos é mostrada uma imagem por omissão.

4.6 Abordagem inicial

Antes de se optar pelo desenvolvimento da aplicação mPOT para a *Smartbox*, foi considerada a utilização do emulador HbbTV da Opera⁵, para a implementação do serviço. Este emulador disponibiliza um ambiente de testes para aplicações HbbTV.

No entanto, verificou-se que o *browser* deste emulador ainda não suporta a API *getUserMedia*, da tecnologia HTML 5, para o acesso à *webcam* da televisão. Esta conclusão foi obtida através da realização de dois testes.

O primeiro teste consistiu no acesso à página web “*Capturing Audio & Video in HTML5*” da HTML5 Rocks, que implementa uma demonstração da API *getUserMedia*, permitindo o acesso à *webcam*. Esta página encontra-se no seguinte endereço web: <http://www.html5rocks.com/en/tutorials/getusermedia/intro/#toc-fallback>. Verificou-se com este teste que nenhuma imagem da *webcam* era visualizada na página, como ilustra a *Figura 48*.

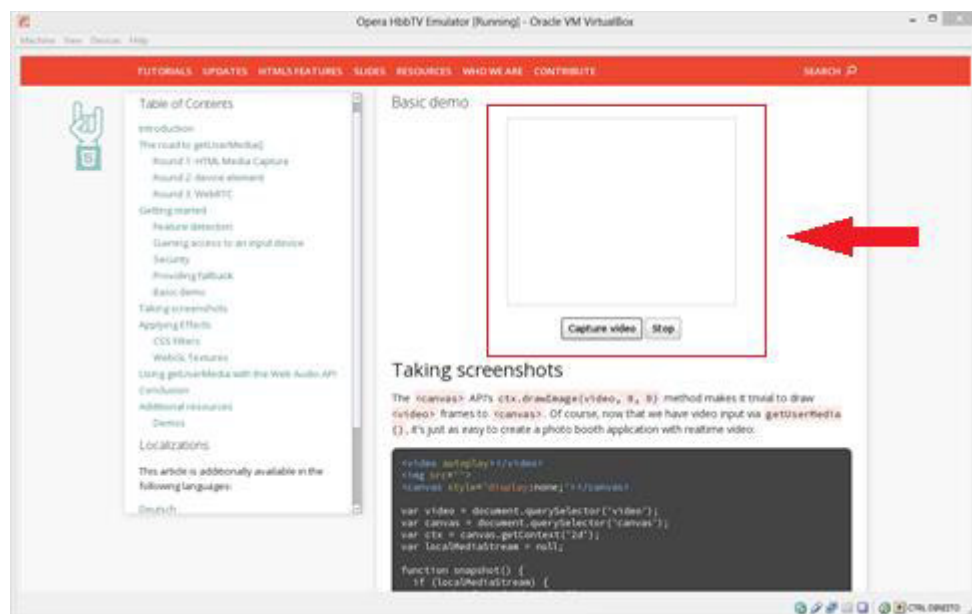


Figura 48 - Teste ao acesso à *webcam*

O segundo teste realizado, consistiu em verificar se o *browser* do emulador efetivamente implementa as funcionalidades da tecnologia HTML 5. Este teste foi

⁵ <http://business.opera.com/products/tv-emulator>

efetuado com recurso à ferramenta disponibilizada através do endereço: <http://html5test.com/>.

A *Figura 49* mostra, através da informação do separador “*Local multimédia*”, que não é suportado o acesso à *webcam*. Confirmando assim que o *browser* não implementa a API *getUserMedia* da tecnologia HTML 5.

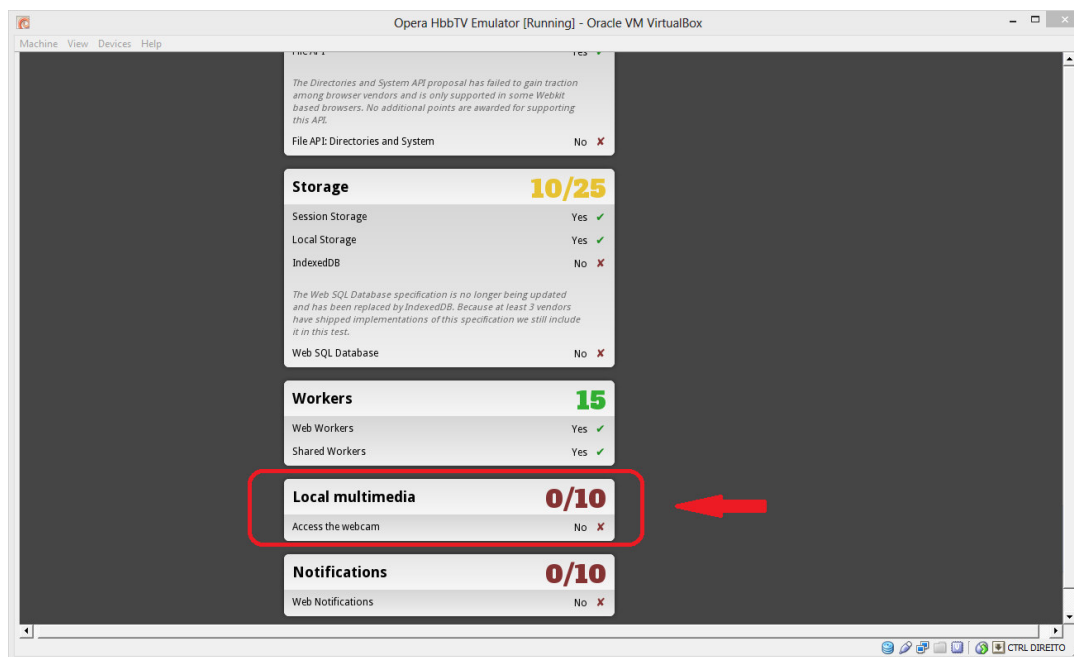


Figura 49 - Teste às funcionalidades HTML 5 do *browser* do emulador HbbTV

Tendo em conta que esta limitação do emulador HbbTV impede o desenvolvimento de uma solução completamente funcional do serviço proposto nesta dissertação. Optou-se então, por desenvolver um serviço que apesar de não implementar o padrão HbbTV, utiliza o conceito deste.

4.7 Dificuldades encontradas

Foram encontradas algumas dificuldades durante o desenvolvimento da solução. Estas são seguidamente descritas:

1. A primeira dificuldade encontrada foi, o facto de o *browser* do emulador Opera HbbTV não suportar a API *getUserMedia*, da tecnologia HTML 5, para acesso à *webcam* da televisão. Esta dificuldade levou a que não fosse possível implementar o serviço de videochamada nesta plataforma, dado que o acesso à *webcam* e ao microfone são indispensáveis para este serviço. De

forma a ultrapassar esta limitação optou-se por desenvolver todo o *software* para a aplicação da *Smartbox*, sem implementar o padrão HbbTV;

2. A compilação dos controladores para o dispositivo DVB-T (*AVerTV Volar HD PRO A835*) não foi um processo trivial, pois o fabricante deste dispositivo não fornece suporte a sistemas operativos baseados em Linux. A solução, para a compilação e instalação dos controladores, foi encontrada em comunidades *open source* dedicadas à área do IPTV. De notar, que devido à pouca capacidade de processamento do *Raspberry Pi*, a compilação dos controladores para o sistema operativo *Raspbian Wheezy* demora cerca de 6 horas;
3. Aquando a integração da API PJSUA com a aplicação mPOT para a implementação do cliente SIP, verificou-se que esta não acedia ao microfone nem à placa de som do *Raspberry Pi*, impossibilitando assim a captura e reprodução do som, respetivamente. Depois de realizada muita pesquisa e efetuados muitos testes concluiu-se que para a API aceder corretamente aos dispositivos é necessário carregar o módulo *snd_pcm_oss* no sistema operativo através do comando: *modprobe snd_pcm_oss*;
4. Durante o desenvolvimento da *interface* gráfica da aplicação *mPOT*, foi tida alguma dificuldade na programação da mesma. Devido ao facto da interação dos utilizadores com a aplicação não ser através da *interface* em si e nem dos componentes desta (botões, listas, entre outros), mas sim através dos comandos enviados pelo *Smart Remote Control*. Para a resolução deste problema foi criado um ficheiro (*status.xml*) que guarda o estado da *interface* e dos seus componentes, onde a *interface* acede para atualizar o seu estado;
5. A pouca capacidade de processamento do *Raspberry Pi* foi o fator que levou a que não fosse implementada a transmissão do *stream* de vídeo da videochamada. Para minimizar o impacto deste problema, durante a chamada é mostrada a imagem do utilizador.

4.8 Síntese

Durante este capítulo foram descritas todas as fases da implementação do protótipo da solução proposta.

Inicialmente foi efetuado o levantamento de requisitos com base na arquitetura definida no *Capítulo 3*. De seguida, foi apresentado todo o *hardware* necessário à implementação do protótipo. Depois, foi explicado detalhadamente todo o processo de implementação dos módulos Servidor Aplicacional, Cliente e *Smart Remote Control*, assim como o seu modo de funcionamento. Ao longo deste capítulo foram indicadas todas as tecnologias e ferramentas utilizadas.

Neste capítulo, foi também descrita a primeira abordagem realizada para a implementação do protótipo.

Por fim foram enunciadas as várias dificuldades encontradas durante o processo de implementação, sendo também descritas as opções tomadas com vista à resolução das mesmas.

No próximo capítulo é definido um cenário de testes que tem como objetivo validar o protótipo desenvolvido e averiguar se todos os requisitos definidos são cumpridos.

Capítulo 5 - Testes

Com este capítulo, pretende-se verificar e validar as funcionalidades do protótipo desenvolvido, bem como identificar as limitações do mesmo. Para isso, ao longo deste capítulo são apresentados os testes realizados e analisados os resultados obtidos. Foram efetuados três tipos de testes: testes ao desempenho da aplicação mPOT, testes de usabilidade e *Quality of Experience* (QoE) ao serviço.

5.1 Cenário de testes

Para a realização dos testes ao protótipo desenvolvido, foi necessário definir um cenário de testes que fosse o mais semelhante possível com o ambiente de utilização real da solução.

Neste cenário foram utilizados os seguintes equipamentos: um *Raspberry Pi* (*Smartbox*), um dispositivo USB DVB-T (AVERMEDIA AverTV Volar HD PRO A835), uma antena UHF, um monitor, uma *webcam* com microfone incorporado, um *router wireless*, um servidor VoIP, um *smartphone Android* e um computador. A *Figura 50* ilustra o cenário de testes utilizado.

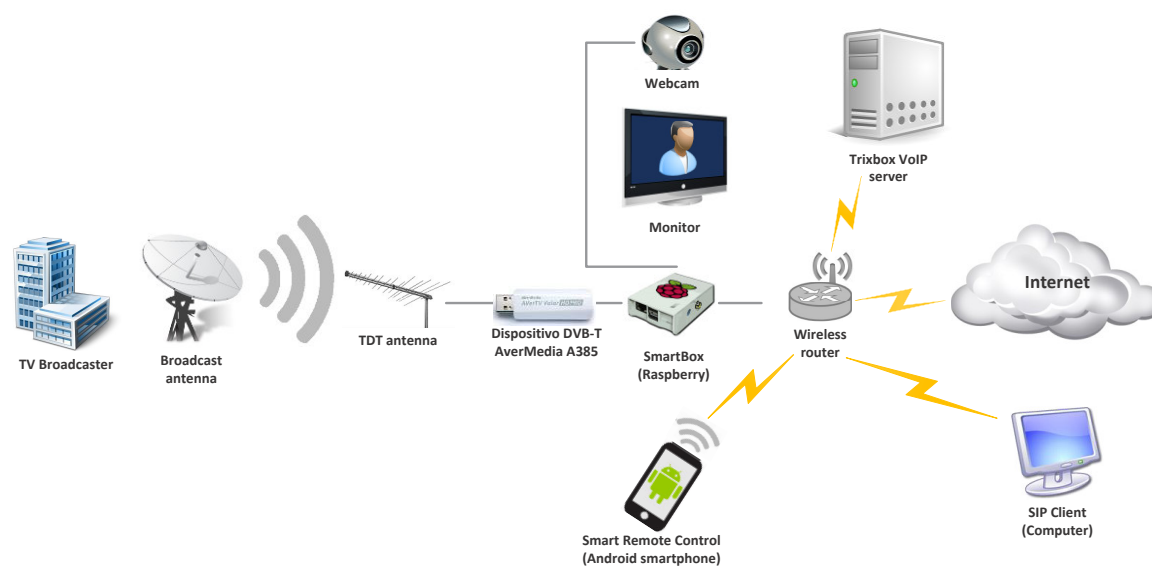


Figura 50 - Cenário de testes

Assim sendo, o cenário consiste no *Raspberry Pi* que recebe o sinal digital TDT decodificado pelos dispositivos DVB-T, reproduzindo de seguida os conteúdos televisivos no monitor. Ao *Raspberry Pi* está também ligada uma *webcam* para a captura de áudio para a chamada. Para a comunicação dos vários equipamentos do cenário foi utilizado um *router wireless* onde estão ligados, o *Raspberry Pi*, o *Smart Control Remote* (para o controlo da aplicação mPOT), o servidor para o fornecimento do serviço VoIP e um computador. Este computador tem instalado um cliente SIP (Ekiga⁶) para a receber e realizar chamadas para a *Smartbox*.

5.2 Testes ao desempenho da aplicação mPOT

Como foi referindo ao longo do *Capítulo 4*, relativo à implementação, a capacidade de processamento do mini PC *Raspberry Pi* (equipamento escolhido para a *Smartbox*) é relativamente baixa. De modo a aferir o desempenho deste equipamento com a aplicação desenvolvida, foram realizados os seguintes testes: medição do tempo de execução de cada funcionalidade, carga de processamento da aplicação e largura de banda ocupada pelo serviço. De seguida, são descritos os passos efetuados em cada teste e apresentados os resultados obtidos.

⁶ Disponível em <https://www.ekiga.net/>

5.2.1 Medição do tempo de execução de cada funcionalidade

Para se ter uma melhor noção de como a capacidade de processamento influencia o desempenho da aplicação mPOT, optou-se por medir o tempo médio de execução, em segundos, das tarefas/funcionalidades principais. Para que os tempos obtidos sejam os mais aproximados possíveis à realidade, cada tarefa foi realizado e medido o seu tempo de execução 10 vezes, sendo posteriormente calculada a média destes.

A Figura 51 mostra o gráfico com o resultado das medições efetuadas.

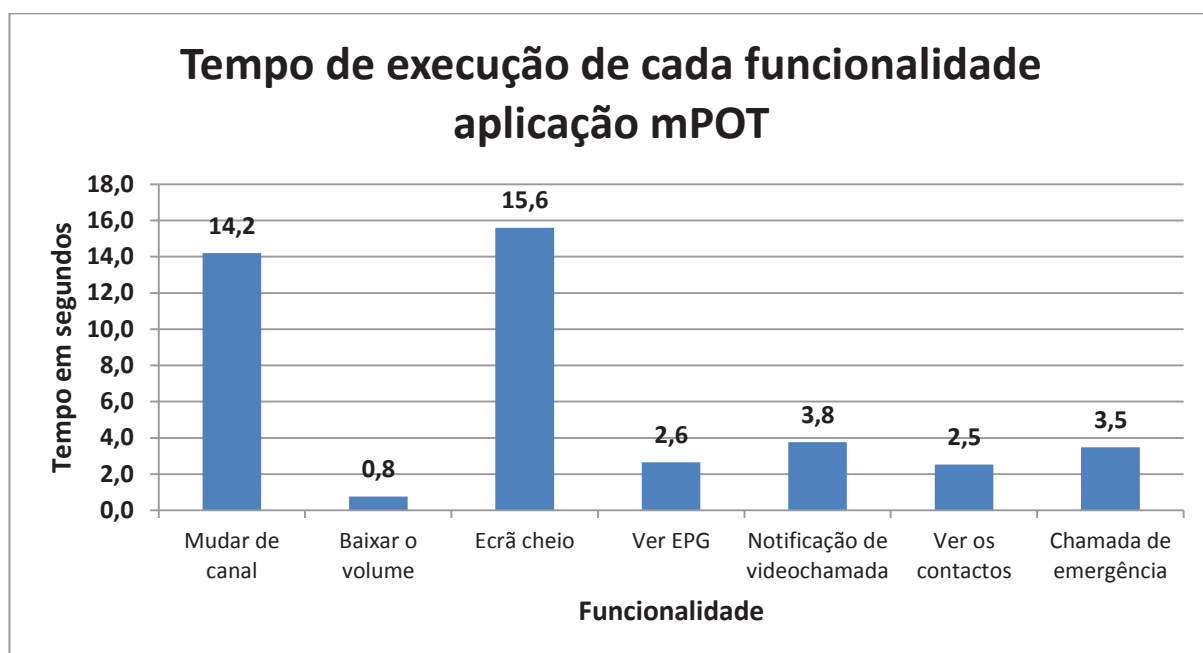


Figura 51 - Gráfico com o tempo médio de execução por tarefa

Através da figura anterior, verifica-se que mudar de canal e colocar a emissão em ecrã inteiro são as tarefas que em média demoram mais tempo a serem processadas pela *Smartbox*, com valores médios de 14,2 e 15,6 segundos, respetivamente. Estes tempos foram considerados pouco razoáveis, pois encontram-se bastante acima do tempo que seria razoável para a execução destas tarefas.

Para a tarefa de baixar o volume sonoro, o valor obtido é de aproximadamente 0,8 segundos, sendo considerado bastante aceitável. De notar que este valor não foi medido, mas sim estimado, devido ao facto de a aplicação ser bastante rápida na execução desta tarefa, não sendo possível realizar a medição com exatidão.

Nas tarefas de visualizar o guia de programação e lista de contactos, os valores obtidos são aceitáveis, sendo que aplicação demora apenas 2,6 e 2,5 segundos a disponibilizar a informação.

A coluna “Notificação de videochamada” apresenta o tempo médio que vai desde um utilizador efetua uma chamada até aparecer na *interface* da *aplicação* mPOT a notificação desta. O tempo médio situa-se nos 3,8 segundos, sendo considerado bastante aceitável.

Para a funcionalidade de realizar uma chamada de emergência, o tempo médio que vai desde que é pressionado o botão no *Smart Remote Control* até iniciar a chamada, é de cerca 3,5 segundos. Este valor foi considerado muito bom, pois o utilizador numa situação de emergência poderá contactar os serviços de assistência médica em poucos segundos.

5.2.2 Medição de carga de processamento da aplicação

Tal como foi referido no *Capítulo 4*, devido à capacidade de processamento do *Raspberry Pi* não foi possível implementar o *stream* de vídeo na videochamada. De modo a perceber qual a percentagem de consumo da aplicação mPOT na *Smartbox*, foi medida percentagem de utilização do processador em várias fases. De referir que, para cada fase, a percentagem de utilização foi medida 10 vezes de 5 em 5 segundos, para que os valores obtidos fossem o mais exatos possível.

Para a medição da percentagem de processamento utilizada foi utilizada a ferramenta *top*⁷.

Através da *Figura 52* é possível visualizar o gráfico com os valores obtidos.

⁷ Para mais informações ver <http://linux.die.net/man/1/top>

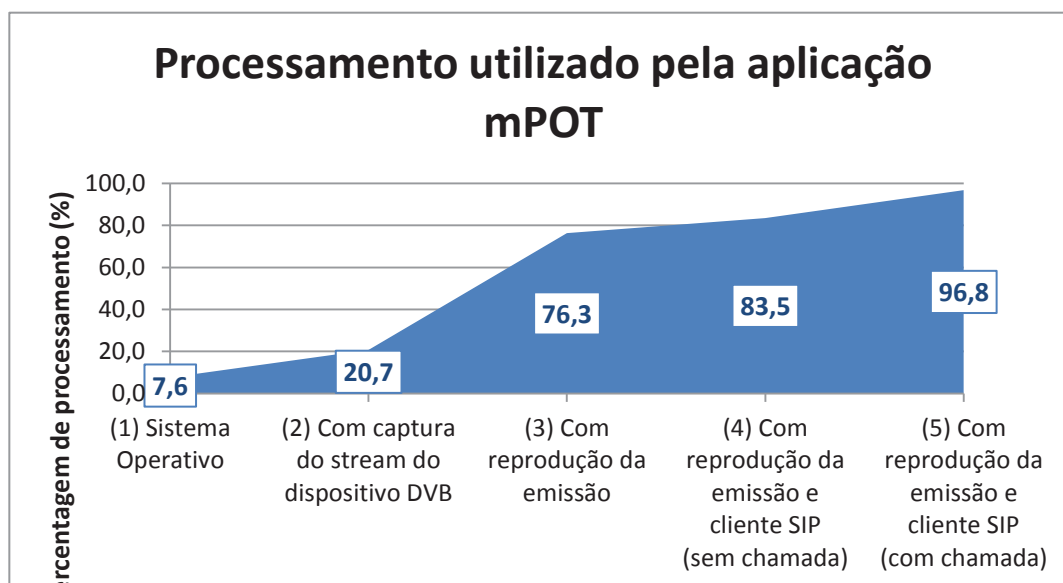


Figura 52 - Percentagem de processamento utilizado pela aplicação mPOT

Como é possível analisar, a percentagem média de utilização do processador do *Raspberry Pi*, apenas com o sistema operativo *Raspbian*, situa-se nos 7,6%.

Quando é executada a aplicação mPOT, apenas com o módulo de captura do *stream* do dispositivo DVB (módulo *tv_capture_module*), a percentagem de processamento sobe para os 20,7%.

Com a aplicação a reproduzir a emissão televisiva na *interface*, a percentagem de utilização do processador dispara para um valor médio de 76,3%. Convém referir que este valor só é possível porque o reprodutor multimédia *Omxplayer*, utiliza mecanismos de aceleração por *hardware*. Caso contrário, não seria possível a reprodução dos conteúdos multimédia porque a capacidade de processamento do equipamento era insuficiente.

Depois, das tarefas das medições anteriores, efetuou-se a medição com o cliente SIP ativo (módulo *videocall_module*), estando apenas registado no servidor VoIP sem realizar nenhuma chamada. Neste caso, verificou-se que o valor médio da percentagem de processamento subiu para os 83,5%.

Por fim, foi registada a medição da percentagem utilização do processador, juntado a realização de uma chamada, a todas as funcionalidades anteriormente descritas. Para esta situação, foi obtido um valor médio de 96,8. Este valor é muito

perto do limite da capacidade de processamento (100%) do equipamento. Convém lembrar que este é um valor médio, sendo que por vezes a utilização do processador chega a 100%, levando a que haja perda de desempenho na aplicação. Concluiu-se assim, que era impossível implementar o *stream* de vídeo na videochamada, pois o equipamento não dispõe de capacidade de processamento suficiente para a tal.

5.2.3 Medição da largura de banda de uma chamada

De modo a ter uma noção da largura de banda ocupada na rede, durante a realização de uma chamada, foi efetuada a medição da mesma. Para este teste, efetuou-se uma chamada entre a aplicação mPOT e um cliente SIP (Ekiga). Durante 120 segundos foram anotadas as larguras de banda ocupadas, de receção (Rx) e de transmissão (Tx), no *Raspberry Pi*. Para a medição foi utilizada a ferramenta *vnStat*⁸, sendo a unidade de medida utilizada, kbits/s.

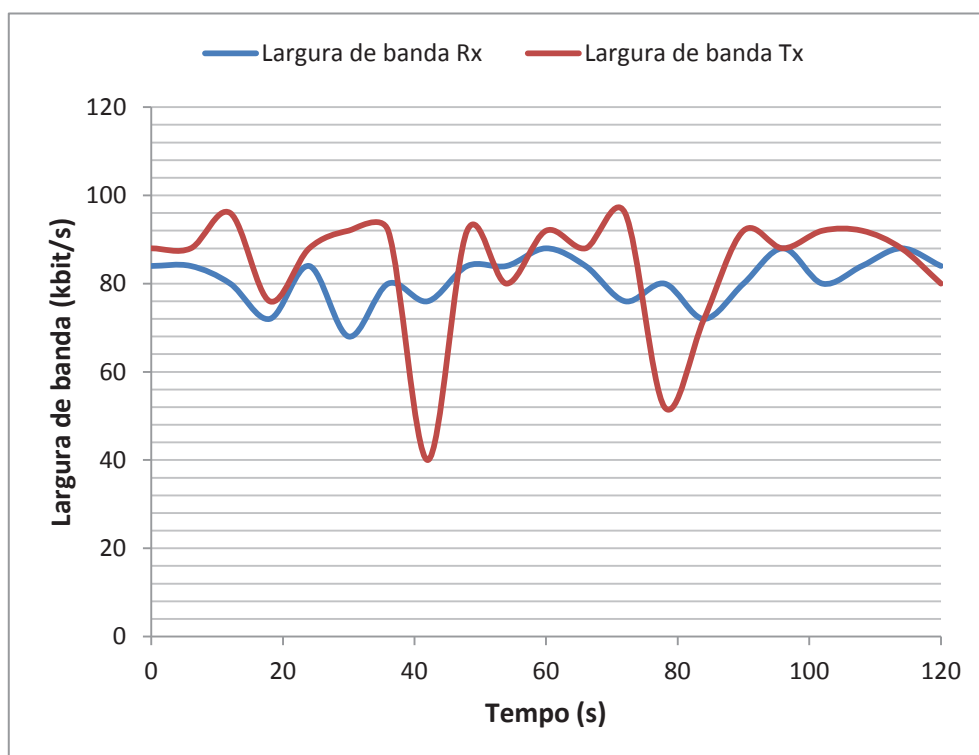


Figura 53 - Gráfico com a variação largura de banda de uma chamada

⁸ Disponível em <http://humdi.net/vnstat/>

O gráfico apresentado, na *Figura 53*, mostra a variação da largura de banda ocupada ao longo de dois minutos.

Através dos dados obtidos, verificou-se que a largura de banda média de recepção (Rx) é de 81 kbits/s e de transmissão (Tx) 84 kbits/s. A realização deste teste permitiu ter a noção da largura banda média ocupada por uma chamada, sendo possível concluir que esta é relativamente baixa.

5.3 Testes com utilizadores realizados ao serviço

Com o objetivo de avaliar o desempenho e o grau de usabilidade da solução desenvolvida foram realizados um conjunto de testes a esta. Estes testes consistiram em pedir a um conjunto de utilizadores que utilizassem o serviço, testando as suas funcionalidades. Para isto, foi explicado a cada utilizador o contexto da aplicação e entregue um guião [Anexo II], que contém a lista de tarefas a realizar. Quando o utilizador iniciou a sessão de testes, o seu desempenho na realização de cada tarefa foi registado através do documento “Registo de avaliação de utilização” [Anexo III]. As métricas utilizadas para avaliar a experiência do utilizador foram o tempo de execução e número de erros em cada tarefa.

Número	Tarefa
1	Mudar para o próximo canal
2	Baixar o volume da emissão
3	Mudar para o canal anterior
4	Colocar emissão em ecrã cheio
5	Ver o guia de programação
6	Atender chamada
7	Ver os contactos
8	Fazer chamada de emergência

Tabela 9 - Lista de tarefas a realizar

A *Tabela 9* lista o conjunto de tarefas a realizar pelos utilizadores durante a sessão de testes.

Nestes testes participaram 15 utilizadores, que se dividiram em dois grupos, o grupo de utilizadores jovens e o grupo de utilizadores seniores.

Testes com utilizadores jovens

A realização de testes com utilizadores jovens teve como principal objetivo verificar se a plataforma é utilizável, não só pelos utilizadores mais idosos, mas também pela população mais jovem e que à partida possui mais conhecimentos tecnológicos.

Os testes com o grupo de utilizadores jovens foram realizados no Centro de Investigação em Informática e Comunicações do Instituto Politécnico de Leiria (CIIC-IPL). Este grupo de utilizadores era constituído por 10 utilizadores, 4 mulheres e 6 homens, com uma faixa etária situada entre os 18 e os 28 anos, tendo uma média de idades de 21.6 anos. Destes participantes, 6 utilizam com frequência, televisão TDT e televisão por assinatura (fornecida através de uma operadora), 3 só utilizam televisão TDT e 1 apenas utiliza televisão por assinatura.

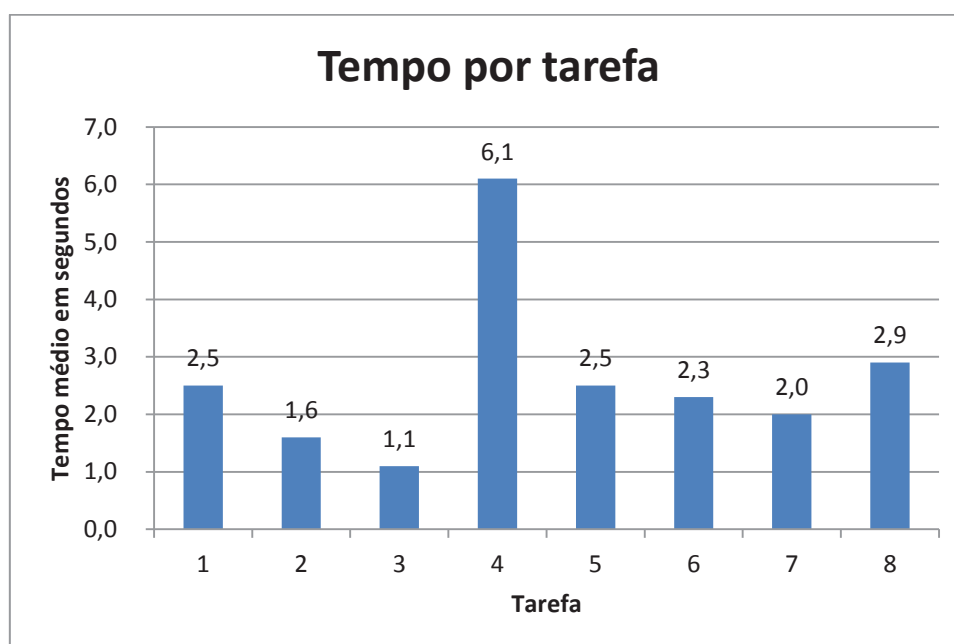


Figura 54 - Gráfico com os tempos médios por tarefa (grupo utilizadores jovens)

Na *Figura 54* é apresentado o gráfico com o tempo médio, em segundos, que este grupo de utilizadores demorou a realizar cada tarefa. Como é possível verificar, a primeira tarefa “Mudar para o próximo canal” demorou (em média) 2,5 segundos. Sendo que na segunda e terceira tarefas os utilizadores já demoraram menos tempo (1,6 e 1,1 segundos respetivamente), devido ao facto de nestas tarefas já saberem onde se encontram os botões na *interface* do *Smart Remote Control*.

A tarefa que, em média, demorou mais tempo a realizar, foi a quarta tarefa “Colocar emissão em ecrã cheio”, pois neste caso é necessário utilizar o botão de contexto amarelo. A descrição desta funcionalidade (cor do botão e descrição) está no ecrã da televisão, mas verificou-se que os utilizadores demoravam algum tempo a procurar no SRC algum botão com a imagem alusiva a esta tarefa em concreto, sendo este o principal fator para o tempo médio desta tarefa ser de 6,1 segundos.

O tempo de realização da quinta, sexta e sétima tarefa baixou consideravelmente por nesta fase os utilizadores já demorarem menos tempo na procura de opções do SRC, pois sabiam que podiam encontrar mais informação na *interface* da aplicação mPOT.

Verifica-se também que o tempo de realização da oitava tarefa é ligeiramente maior (2,9 segundos), pois nesta é necessário que o utilizador procure na *interface* do SRC o botão para realizar a chamada de emergência.

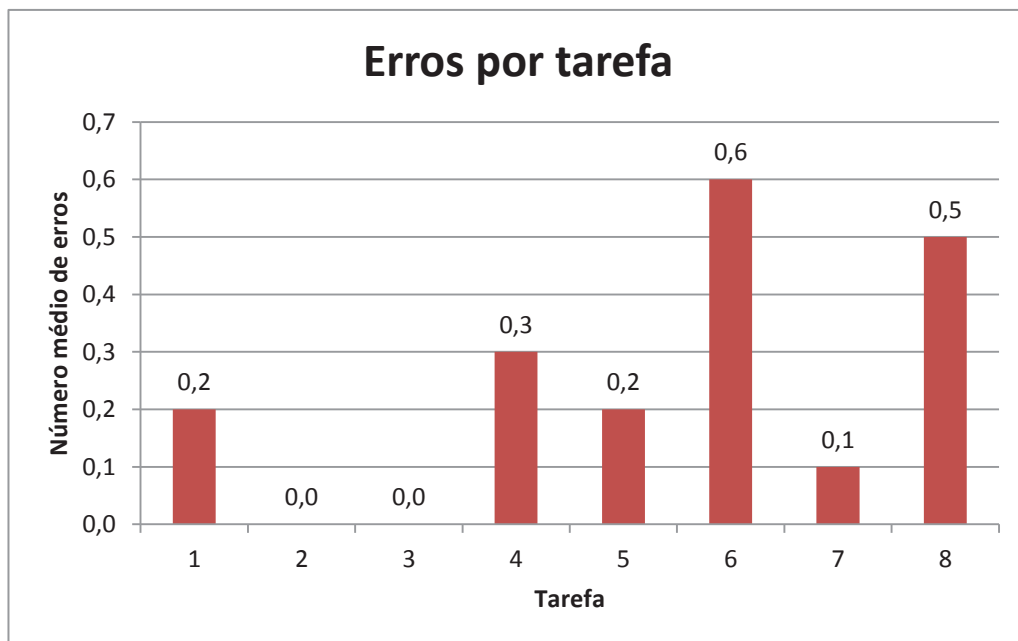


Figura 55 - Gráfico com número médio de erros (grupo utilizadores jovens)

O gráfico ilustrado, *Figura 55*, representa o número médio de erros por tarefa que os utilizadores cometiam. Através da análise a este gráfico podemos verificar que nenhuma tarefa tem, em média, um ou mais erros, o que é um bom indicador da usabilidade da solução.

Na primeira, quarta, quinta e sétima tarefa, o índice de erros é relativamente baixo, não chegando a meio erro, em média, por tarefa. A sexta e oitava tarefa são as que tem um número de erros maior devido ao facto de na *interface* do SRC a cor destas ser semelhante, levando a que por vezes os utilizadores se enganassem no botão a pressionar.

Os resultados obtidos são bastante satisfatórios, quer ao nível do tempo de execução das tarefas, quer ao nível dos erros cometidos, isto tendo em conta que nenhum dos utilizadores teve formação ou tinha estado em contato com a solução. Notou-se durante esta sessão de testes, praticamente todos os utilizadores mostraram-se à vontade a utilizar a solução.

As conclusões obtidas com estes testes apontam para que a solução é utilizável pelo público mais jovem.

Testes com utilizadores seniores

Os testes com o grupo de utilizadores seniores foram realizados no Centro de Dia e Lar de Memória situado na freguesia da Memória, Leiria. Este grupo de utilizadores era constituído por 5 utilizadores, 3 mulheres e 2 homens, com uma faixa etária situada entre os 77 e os 91 anos, tendo uma média de idades de 82 anos. Destes participantes, 4 utilizam com frequência televisão TDT e 1 não utiliza qualquer tipo de serviço de televisão. De referir que todos os utilizadores deste grupo eram alfabetizados.

A sessão de testes com o grupo de idosos foi bastante importante, pois permitiu analisar como é que o público-alvo desta solução se comporta durante a utilização da mesma, podendo através do resultado dos testes concluir-se quais as melhorias que devem ser adicionadas ao sistema.

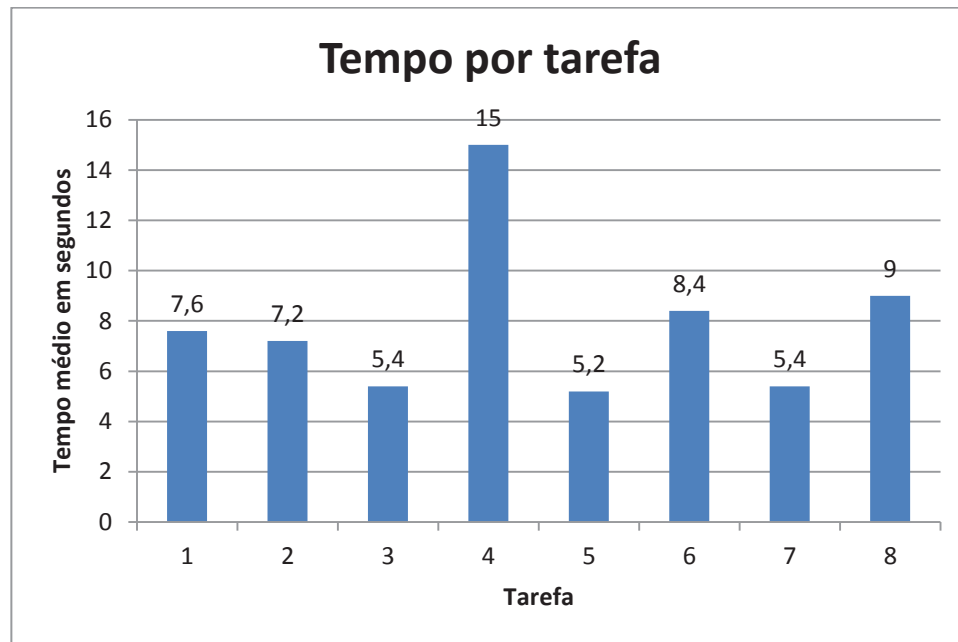


Figura 56 - Gráfico com os tempos médios por tarefa (grupo utilizadores seniores)

A *Figura 56* apresenta o gráfico com os tempos médios de execução de cada tarefa. Pode-se verificar que o tempo de execução da primeira tarefa é relativamente alto (7,6 segundos), mas na segunda e terceira tarefa este foi tendencialmente mais baixo, 7,2 e 5,4 segundos, respetivamente. Relativamente à primeira, segunda e terceira tarefa verificou-se (com base nos resultados e em observações feitas durante dos testes) que os idosos foram decorando a disposição das teclas no SRC, daí o melhor desempenho na terceira tarefa.

Verifica-se também que a quarta tarefa foi a que demorou mais tempo a ser realizada (15 segundos), pela mesma razão indicada para o grupo de utilizadores jovens.

Relativamente à quinta e sétima tarefa é possível comprovar, através do gráfico, que o tempo de execução destas é relativamente mais baixo, pois a partir da quinta tarefa, o utilizador já considera o ecrã da televisão para a procura de informação relativa às funcionalidades pedidas.

O tempo de realização da sexta e oitava tarefa é relativamente alto, 8,4 e 9 segundos, respetivamente, pois os utilizadores demoraram algum tempo a perceber quais os botões que deviam pressionar para concluírem as tarefas.

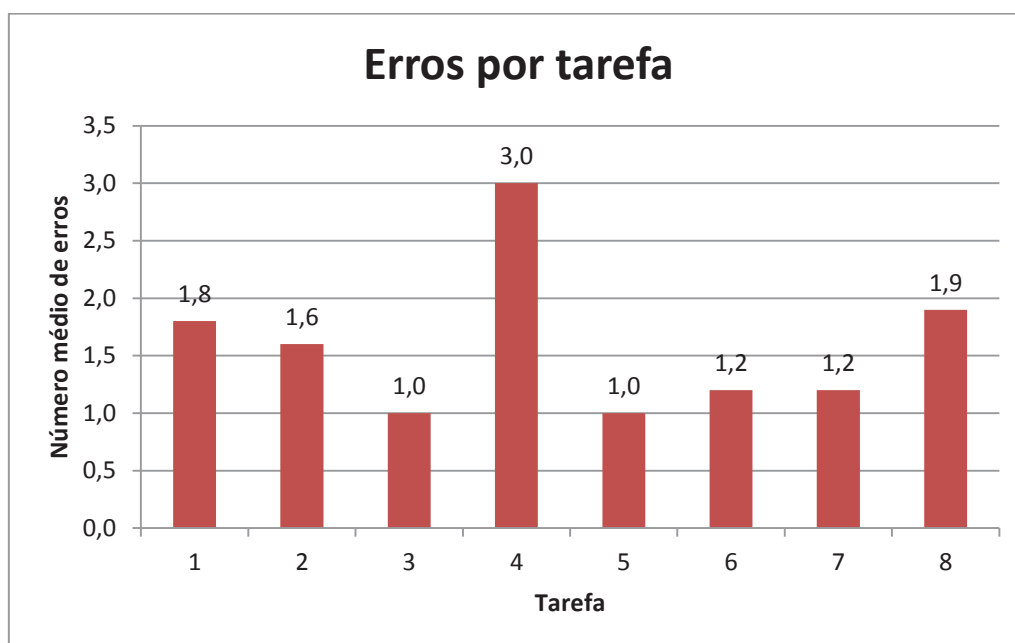


Figura 57 - Gráfico com número médio de erros (grupo utilizadores seniores)

O gráfico ilustrado, pela *Figura 57*, representa o número médio de erros por tarefa que os utilizadores seniores cometeram. Como é possível verificar, o número médio de erros da primeira, segunda e terceira tarefa baixam ao longo da execução destas. Julga-se que, este decréscimo no número de erros está relacionado com o mesmo facto que leva à diminuição do tempo médio de execução destas tarefas e que se prende por os idosos decorarem a disposição das teclas na *interface* do SRC.

Na quarta tarefa que o número médio de erros foi o mais alto, pois os idosos iam pressionando outros botões do SRC enquanto não descobriram que o botão correto a pressionar era o amarelo.

A quinta, sexta e sétima tarefa, têm um número médio de erros relativamente baixo (entre 1,0 e 1,2 erros), tendo que conta os utilizadores possuem poucos conhecimentos tecnológicos.

Por fim, durante a realização da oitava tarefa, os erros cometidos passavam por o botão de contexto vermelho ser pressionado em vez do botão de emergência, talvez pelo facto da cor vermelha deste botão ser associada a situações de emergência.

De referir, que muitos dos erros ocorridos, ocorreram devido ao facto, de alguns idosos possuírem pouca destreza manual, acabando por pressionar simultaneamente mais do que um botão.

Os resultados obtidos, com este grupo de utilizadores, são bastante animadores, verificando-se que os idosos, apesar de possuírem pouca instrução tecnológica e não terem qualquer formação prévia sobre o serviço, conseguiram utilizar a solução com relativa facilidade. De notar, que apesar de no início da sessão de testes, demonstrarem algum receio, verificou-se que, com o decorrer dos testes, revelaram entusiasmo com o uso da aplicação, isto demonstra a simplicidade da *interface*.

No entanto, haverá alguns aspetos ao nível da *interface* da aplicação mPOT que poderão ser melhorados. Nomeadamente, na disposição dos botões de contexto com as funcionalidades na *interface*. Pois, verificou-se que inicialmente os utilizadores não se aperceberam com facilidade da existência destes.

5.4 QoE aplicado ao serviço

De modo a aferir o nível de satisfação dos utilizadores (*QoE - Quality of Experience*) relativamente à solução desenvolvida, foi realizado um questionário [*Anexo IV*].

De referir que, nesta atividade foram envolvidos os 15 utilizadores que realizaram os testes de avaliação de utilização (descritos no *subcapítulo 5.3*). A estes foi solicitado, depois de utilizarem a plataforma, o preenchimento individual do questionário entregue, de acordo com a escala apresentada na *Tabela 10*.

Valor MOS	Qualidade	Descrição
5	Excelente	Impercetível
4	Bom	Percetível, mas não irritante
3	Razoável	Ligeiramente irritante
2	Mau	Irritante
1	Péssimo	Muito irritante

Tabela 10 - Mean opinion score (MOS)

Considerando, que as características dos dois grupos eram bastante diferentes, quer a nível etário, quer a nível de formação tecnológica, optou-se por analisar os dados em separado.

Depois de recolhidos os questionários e analisadas as respostas dadas, chegou-se aos valores apresentados pela *Tabela 11*.

Descrição	MOS Utilizadores jovens	MOS Utilizadores seniores
Qualidade de imagem da emissão	4,2	4,0
Qualidade do som da emissão	4,0	3,8
Qualidade do som da chamada	4,1	3,8
Rapidez do programa	2,9	3,4
Usabilidade do programa	4,0	3,4
Valor médio MOS	3,8	3,7

Tabela 11 - Resultados do inquérito realizado

O gráfico ilustrado pela *Figura 58*, permite visualizar graficamente os resultados obtidos.

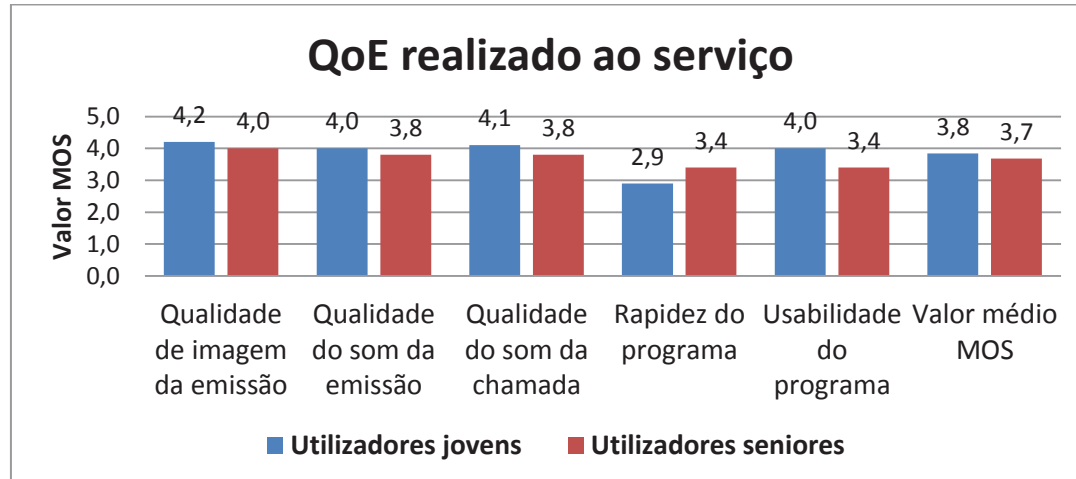


Figura 58 - Gráfico com os resultados do QoE efetuado

Analisando os resultados obtidos, verifica-se que a característica menos conseguida nos dois grupos foi a rapidez do programa. Este valor é influenciado pela capacidade de processamento da *Smartbox*. De notar, que o valor MOS atribuído pelos utilizadores seniores a esta característica, é mais alto que o valor dos utilizadores jovens. Acredita-se que esta diferença está relacionada com o facto de

os idosos possuírem menos conhecimentos tecnológicos, levando a que sejam mais tolerantes à demora do sistema.

Por outro lado, concluímos que as características, que unanimemente deixaram os utilizadores mais satisfeitos foram, a qualidade da imagem da emissão, a qualidade do som da emissão e a qualidade do som da chamada, tendo sido atribuído a estas um valor médio MOS de 4,0. Relativamente a estas características, verifica-se também que o valor MOS atribuído pelos utilizadores seniores é ligeiramente mais baixo que o valor dado pelos utilizadores jovens, julga-se que esta pequena diferença está relacionada com as dificuldades auditivas e visuais que alguns idosos possuem.

Em relação à característica “Usabilidade do programa”, verifica-se que o grupo de utilizadores jovens considerou a solução facilmente usável, tendo atribuído o valor MOS de 4,0. Por outro lado, o valor atribuído a esta característica pelo grupo de utilizadores seniores é relativamente mais baixo (3,6). Acredita-se que esta diferença prende-se, devido ao facto de estes utilizadores possuírem menos conhecimentos tecnológicos (quando comparado com o grupo de utilizadores jovens), o que leva a que não se sintam tão confortáveis na utilização da solução.

Os valores médios MOS finais resultantes dos grupos de utilizadores jovens e seniores foram de 3,8 e 3,7, respetivamente. Estes valores indicam que os utilizadores de ambos os grupos ficaram satisfeitos com a utilização da solução. No entanto, é necessário ter em conta que o resultado desta medição é subjetivo, variando de utilizador para utilizador, sendo assim meramente indicativo.

5.5 Síntese

Neste capítulo foram apresentados um conjunto de testes realizados, que tiveram como principal objetivo testar e validar a implementação do protótipo.

Com os testes realizados, concluiu-se que a implementação de um protótipo do serviço é viável, no entanto, verificou-se que o mini PC *Raspberry Pi*, não é o equipamento mais indicado para a *Smartbox*, pois a sua capacidade de processamento compromete o desempenho em algumas tarefas importantes, como por exemplo, mudar de canal ou colocar a emissão em ecrã inteiro.

Por fim, de forma a aferir o grau de satisfação dos utilizadores no uso do protótipo, foi também realizado um QoE, ao mesmo. Os valores de MOS obtidos foram de 3,8 para o grupo de utilizadores jovens e 3,7 para o grupo de utilizadores seniores. Estes valores sugerem que os utilizadores ficaram satisfeitos no uso da solução.

Capítulo 6 - Conclusões e trabalho futuro

Neste capítulo, é efetuado um balanço sobre todo o trabalho desenvolvido no âmbito da presente dissertação. No final do capítulo, são indicados alguns aspetos que podem ser melhorados num trabalho futuro.

6.1 Conclusões

Com esta dissertação pretendeu-se estudar e desenvolver um serviço que permitisse combater, simultaneamente, a exclusão social e tecnológica, característica da população idosa.

De modo a obter conhecimentos sólidos sobre as soluções existentes neste âmbito e tecnologias relacionadas, foi realizado um estudo sobre o estado da arte, sendo este apresentado no *Capítulo 2*, do presente documento.

Os conhecimentos adquiridos serviram de suporte para a especificação de uma arquitetura geral, apresentada no *Capítulo 3*, que permite não só a implementação do serviço de videochamada, mas também de outros, pertinentes para o público-alvo. Com base na arquitetura geral, foi definida a arquitetura do serviço a desenvolver. Esta arquitetura, para além de ser constituída por três módulos: Cliente, Servidor Aplicacional e Fornecedores de Serviços, comunica em dois tipos de redes distintas, a Rede *Broadcast*, para a transmissão dos conteúdos televisivos e a Rede *Broadband*, para o acesso aos serviços VoIP disponibilizado através da Internet.

Durante a fase de implementação do protótipo da solução, apresentada no *Capítulo 4*, escolheu-se o mini PC *Raspberry Pi*, para o equipamento da *Smartbox*, devido ao facto de este ser de baixo custo e de pequenas dimensões. No entanto, com o avançar do desenvolvimento do protótipo verificou-se que este equipamento não iria permitir implementar todas as especificações definidas na arquitetura, ficando por integrar o *stream* de vídeo na videochamada, por falta de capacidade de processamento.

Depois de implementado o protótipo, no *Capítulo 5*, foram realizados um conjunto de testes com o objetivo de validar as funcionalidades e de identificar as limitações deste. Foram realizados três tipos de testes, testes ao desempenho da aplicação mPOT, testes de usabilidade e *Quality of Experience* (QoE) ao serviço. Com os testes ao desempenho, verificou-se, entre outras coisas, que o *Raspberry Pi* não é o equipamento mais indicado para realizar as tarefas de *Smartbox* do serviço proposto, devido à falta de capacidade de processamento. Os resultados obtidos com os testes de usabilidade indicam que os idosos, apesar de possuírem pouca instrução tecnológica, conseguiram utilizar a solução com relativa facilidade. Havendo, no entanto, alguns aspetos ao nível da *interface* da aplicação mPOT que poderão ser melhorados. Por fim, de forma a aferir o grau de satisfação dos utilizadores no uso do protótipo, foi realizado um estudo de QoE ao mesmo. Os valores obtidos indicam que, tanto os utilizadores mais jovens como os mais idosos ficaram satisfeitos no uso da solução.

Tendo em conta os objetivos propostos por esta dissertação, é possível afirmar que o serviço desenvolvido é uma solução viável ao problema apresentado, contribuindo positivamente na problemática da exclusão social e tecnológica que envolve a população sénior.

6.2 Trabalho futuro

A solução desenvolvida satisfaz os requisitos básicos da arquitetura proposta, contudo foram identificados alguns aspetos que, futuramente poderão vir a ser melhorados. Assim sendo, de seguida são apresentadas algumas propostas a implementar num trabalho futuro.

Com o objetivo de contornar uma das principais limitações deparadas durante a fase de implementação, a capacidade de processamento de *Raspberry Pi*, propõem-se no futuro migrar a aplicação mPOT para outro equipamento com maior capacidade de processamento. A escolha deste equipamento, deve considerar os requisitos não funcionais definidos na seção 4.1. Com esta migração, seria possível a implementação do *stream* de vídeo da videochamada, de forma a tornar mais atrativo o serviço desenvolvido.

Com o objetivo de potenciar ainda mais o uso da solução por parte do público-alvo, poderia ser desenvolvida futuramente uma *interface* gráfica da aplicação mPOT seguindo as diretrizes do W3C, de modo a contemplar algumas regras de acessibilidade.

De forma tornar a aplicação mPOT mais completa a nível de funcionalidades disponibilizadas, poderia ser implementada a funcionalidade de gravação de emissão, isto é, permitir ao cliente gravar as emissões televisivas na *Smartbox* para posterior visualização.

Considerando que, atualmente a lista de contactos é estática, seria útil implementar uma funcionalidade que permita gerir esta lista (adicionar, editar e remover contatos). No futuro, fica a faltar adaptar o *Smart Remote Control* de modo a listar os contactos da *Smartbox*, permitindo efetuar videochamadas para estes.

Bibliografia

- [1] Instituto Nacional de Estatística, *Censos 2011 – Resultados Provisórios*, Edição 201. 2011.
- [2] N. Alm, P. Gregor, and A. F. Newell, “Older people and information technology are ideal partners.” Dundee, Scotland, 2002.
- [3] “HbbTV - Introduction.” [Online]. Available: http://www.hbbtv.org/pages/about_hbbtv/introduction.php. [Accessed: 06-Nov-2012].
- [4] “HbbTV - Organisation.” [Online]. Available: http://www.hbbtv.org/pages/hbbtv_consortium/organisation_of_hbbtv.php. [Accessed: 06-Nov-2012].
- [5] E. T. S. Institute, *Technical specification: Hybrid Broadcast Broadband TV*, 1st ed. 2010.
- [6] Z. Lukac, M. Radonjic, B. Veris, T. Maruna, and N. Kuzmanovic, “The experience of Implementing a Hybrid Broadcast Broadband television on network enabled TV set,” pp. 840–844, 2011.
- [7] ETSI, *HbbTV Specification*, 1.5 ed. 2012.
- [8] C. E. Association, *CEA-2014 revision A: Web-based Protocol and Framework for Remote User Interface on UPnP™ Networks and the Internet (Web4CE)*. Virginia, 2007.
- [9] Open IPTV, *Volume 5 - Declarative Application Environment*, 1.2 ed. 2012.
- [10] Institute European Telecommunications Standards, *Digital Video Broadcasting; Signalling and carriage of interactive applications and services in Hybrid broadcast/broadband environments*, 1.1.1 ed. 2010.
- [11] “Feratel Panorama.” [Online]. Available: <http://www.feratel.at/ViewPage.asp?Site=FERATEL-AT&PageID=581&Lang=211>. [Accessed: 28-Nov-2012].
- [12] “Panorama TV – Menu.” [Online]. Available: <http://hbbtvtest.feratel.co.at/hbbtvtest/feratel/index.jsp>. [Accessed: 28-Nov-2012].
- [13] “Panorama TV – Cambrils.” [Online]. Available: <http://hbbtvtest.feratel.co.at/hbbtvtest/feratel/video.jsp;jsessionid=74C33591C02114A02BD00BAED7B44781?lg=de&id=6451>. [Accessed: 28-Nov-2012].

- [14] “ARD Text - Der Teletext im Ersten.” [Online]. Available: <http://www.ard-text.de/>. [Accessed: 29-Nov-2012].
- [15] “ARD Text Vollbild - Startseite.” [Online]. Available: <http://itv2.ard.de/ardtext/index.html>. [Accessed: 29-Nov-2012].
- [16] “ARD Programm für HbbTV.” [Online]. Available: <http://itv.ard.de/ardepq/>. [Accessed: 23-Nov-2012].
- [17] “Das Erste Mediathek für HbbTV – Home, Das Erste.” [Online]. Available: hbbtv.daserste.de. [Accessed: 23-Nov-2012].
- [18] “Was ist HbbTV?, Sport 1.” [Online]. Available: <http://www.sport1.de/de/sport1/empfangbarkeit/hybridtv.html>. [Accessed: 05-Dec-2012].
- [19] “MIT-xperts - about us.” [Online]. Available: <http://www.mit-xperts.com/about/>. [Accessed: 03-Nov-2012].
- [20] “MIT-xperts HbbTV testsuite.” [Online]. Available: <http://itv.mit-xperts.com/hbbtvtest/>. [Accessed: 03-Nov-2012].
- [21] Rosenberg et al., “RFC 3261 - SIP: Session Initiation Protocol.” 2002.
- [22] “VoIP / Multimedia over WiMAX.” [Online]. Available: http://www.cs.wustl.edu/~jain/cse574-06/ftp/wimax_voip/. [Accessed: 17-Aug-2013].
- [23] Anacom, “Televisão Digital Terrestre.” [Online]. Available: <http://www.anacom-consumidor.com/voz-internet-TV/plataformas-e-operadores/televisao/televisao-digital-terrestre-tdt-o-que-vai-mudar.html>. [Accessed: 22-Jul-2013].
- [24] “TDT – Televisão Digital Terrestre: O que é a TDT?” [Online]. Available: http://tdt.telecom.pt/o_que_e/Default.aspx?code=XzX620. [Accessed: 23-Jul-2013].
- [25] Portugal Telecom, *Norma de Sinalização para a Televisão Digital Terrestre em Portugal*. 2010.
- [26] “TDT - Televisão Digital Terrestre: Como funciona a TDT?” [Online]. Available: http://tdt.telecom.pt/o_que_e/Default.aspx?code=XzX621. [Accessed: 22-Jul-2013].
- [27] “Quality of Experience (QoE) – A Systematic Literature Survey,” 2013. [Online]. Available: <http://qoe.it/>. [Accessed: 11-Aug-2013].
- [28] M. Steenhuyse, J. Hoebeke, A. Ackaert, I. Moerman, and P. Demeester, “TV-kiosk: An Open and Extensible Platform for the Wellbeing of an Ageing Population.” Ghent, Belgium, pp. 54–63, 2012.

- [29] H. Zeng and X.-B. Peng, "Research and Implementation of IPTV video calls based on the IMS network," *International Conference on Computer Science and Service System*. Nanjing, China, pp. 1059–1062, 2012.
- [30] O. Neuwirt, J. Da Silva, D. Abbadessa, and F. Winkler, "Towards a New User Experience in IPTV: Convergence Services and Simpler E-commerce on IMS-based IPTV." 2008.
- [31] Cisco Public Information, "The Evolving IPTV Service Architecture." 2007.
- [32] C. Freire, L. Correia, L. Marcelino, C. Silva, C. Rabadão, and A. Pereira, "Menu and Context Based Interfaces Evaluation for Mobile TV." 2012.
- [33] "Python Programming Language – Official Website." [Online]. Available: <http://www.python.org/>. [Accessed: 27-Aug-2013].
- [34] "Online Perl Documentation." [Online]. Available: <http://www.perl.org/docs.html>. [Accessed: 19-Aug-2013].
- [35] "Mono." [Online]. Available: http://www.mono-project.com/Main_Page. [Accessed: 02-Aug-2013].
- [36] "FAQ Raspbian." [Online]. Available: <http://www.raspbian.org/>. [Accessed: 27-Aug-2013].
- [37] "Arch Linux ARM." [Online]. Available: <http://archlinuxarm.org/>. [Accessed: 27-Aug-2013].
- [38] RISC OS Open, "Welcome to RISC OS Pi," 2011. [Online]. Available: [https://www.riscosopen.org/wiki/documentation/show/Welcome to RISC OS Pi](https://www.riscosopen.org/wiki/documentation/show/Welcome%20to%20RISC%20OS%20Pi).
- [39] "Overview - PySide v1.0.7 documentation." [Online]. Available: <http://srinikom.github.io/pyside-docs/>. [Accessed: 22-Aug-2013].
- [40] "Introduction to the QML Language - Documentation." [Online]. Available: <http://qt-project.org/doc/qt-4.8/qdeclarativeintroduction.html>. [Accessed: 19-Aug-2013].
- [41] "About PJSIP." [Online]. Available: <http://www.pjsip.org/about.htm>. [Accessed: 20-Aug-2013].
- [42] "PJSUA API - High Level Softphone API (2.1.0)." [Online]. Available: http://www.pjsip.org/pjsip/docs/html/group__PJSUA__LIB.htm. [Accessed: 20-Aug-2013].
- [43] VideoLAN, "VideoLAN - VLC - Features." [Online]. Available: <http://www.videolan.org/vlc/features.html>. [Accessed: 27-Aug-2013].
- [44] "OMXPlayer Builds." [Online]. Available: <http://omxplayer.sconde.net/>. [Accessed: 25-Aug-2013].

- [45] W3C, "Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0," 2008. [Online]. Available: <http://www.w3.org/TR/2008/REC-WCAG20-20081211>. [Accessed: 26-Aug-2013].
- [46] W3C, "Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0," 2008. [Online]. Available: <http://www.w3.org/TR/WCAG20/>. [Accessed: 18-Aug-2013].

Anexos

Anexo I – Especificação de *hardware*

Raspberry Pi Modelo B⁹

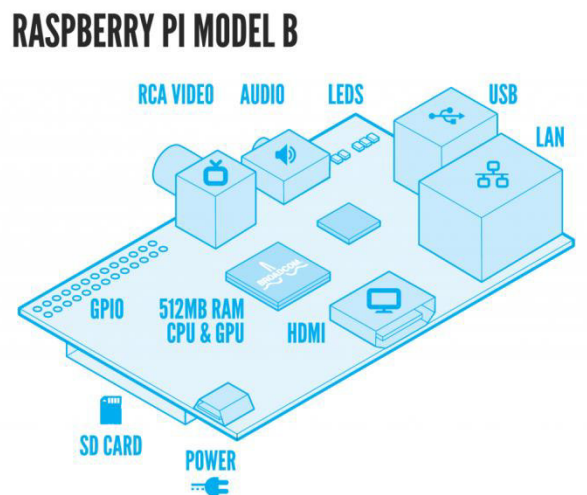


Figura A 1 - Esquema da placa do Raspberry Pi Modelo B

Processador	ARM1176JZFS (700 MHz)
Memória RAM	512 MB
GPU	Broadcom VideoCore IV
System-on-a-chip (SoC)	Broadcom BCM2835
Portas USB 2.0	2
Saídas de vídeo	RCA Composto , HDMI
Saídas de áudio	Conector de 3.5 mm, HDMI
Fonte de energia	5 volt via <i>MicroUSB</i>
Potência	700 mA (3.5 W)
Tamanho	85.60mm x 56mm x 21mm
Peso	45 Gramas
Sistemas Operativos	Raspbian “ <i>wheezy</i> ”, Soft-float Debian “ <i>wheezy</i> ”, Pidora, Arch Linux ARM, RISC OS

Tabela A 1 - Especificações técnicas Raspberry Pi Modelo B

⁹ <http://www.raspberrypi.org/faqs>

Avermedia AVerTV Volar HD PRO A835¹⁰



Figura A 2 - Avermedia AVerTV Volar HD PRO A835

Interface	USB 2.0
Entrada	1 x TV antenna
Sinal de entrada	75Ω TV Antenna
Suporta MPEG-2	Sim
Suporta H.264	Sim
Teletexto	Sim
EPG	Sim
Gravação Programada	Sim
Baixo consumo	Sim
Peso	13.6 Gramas

Tabela A 2 - Especificações técnicas Avermedia AVerTV Volar HD PRO A835

¹⁰ <http://www.avermedia.com/Product/ProductDetail.aspx?Id=507>

Anexo II – Guião de Testes



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA INFORMÁTICA
Mestrado em Engenharia Informática – Computação Móvel
Ano letivo 2012/2013

Guião de testes - *mPOT*

Contexto

O projeto *mPOT* tem como objetivo simular uma box televisiva. Esta, para além de disponibilizar as funcionalidades básicas de um serviço do género (visualizar conteúdos televisivos, alterar volume, guia de programação, alternar entre canais), integra também o serviço de videochamada. Permitindo ver televisão e realizar videochamadas em simultâneo.

Assim, este teste tem como objetivo avaliar a aplicação e a forma como esta integra o serviço de videochamada com a visualização de conteúdos televisivos simultaneamente.

Tarefas

1. Mudar para o próximo canal;
2. Baixar o volume da emissão;
3. Mudar para o canal anterior;
4. Colocar emissão em ecrã cheio;
5. Ver o guia de programação;
6. Atender chamada;
7. Ver os contactos;
8. Fazer chamada de emergência.

Anexo III – Registo de avaliação de utilização



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA INFORMÁTICA
 Mestrado em Engenharia Informática – Computação Móvel
 Ano letivo 2012/2013

Registo de Avaliação de Utilização

Data e Hora:

Local:

1. Dados do utilizador

Sexo: Idade:

Utiliza televisão:

Tradicional

Operadora Qual? _____

Não

2. Tarefas

#	Tarefa	Tempo	Erros	Sucesso	Observações
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Anexo IV – Inquérito *Quality of Experience* (QoE)



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA INFORMÁTICA

Mestrado em Engenharia Informática – Computação Móvel

Ano letivo 2012/2013

Inquérito - Quality of experience (QoE)

Data e Hora:

Local:

1. Dados do utilizador

Sexo: Idade:

Utiliza televisão:

Tradicional

Operadora Qual? _____

Não

2. Questionário

	Péssimo	Mau	Satisfatório	Bom	Excelente
a. Qualidade da imagem da emissão					
b. Qualidade do som da emissão					
c. Qualidade do som da chamada					
d. Rapidez do programa					
e. Usabilidade do programa					