

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Assistente Pessoal na Selecção e Utilização de Serviços VoIP

Paulo César Basto Cardoso

Licenciado em Engenharia da Comunicação ramo Sistemas de Informação
pela Universidade Fernando Pessoa

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em
Redes e Serviços de Comunicação

Dissertação realizada sob a supervisão de:

Orientador: Professor Doutor Luís Paulo Reis, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Co-Orientador: Professor Doutor Nuno Magalhães Ribeiro, Professor Auxiliar da Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Fernando Pessoa

Março de 2006

RESUMO

Este trabalho enquadra-se no domínio dos Agentes Inteligentes de Software e das novas tecnologias de comunicação de voz sobre IP (VoIP - *Voice over Internet Protocol*).

Começa-se por efectuar uma análise à história e evolução da tecnologia VoIP, os protocolos envolvidos, as suas características e finalidades, e analisam-se os vários cenários possíveis nesta tecnologia. A seguir estuda-se o conceito de Agente de Software, as suas características, vantagens e aplicações, para depois serem analisados em pormenor os Sistemas Multi-Agente (SMA).

No trabalho é ainda realizado um estudo exploratório sobre o uso de aplicações VoIP – vulgarmente designadas por *softphones* - em Portugal, por utilizadores finais. Obteve-se uma amostra significativa, relativamente ao uso desta tecnologia, onde ficou explícito os critérios, preferências e costumes dos utilizadores portugueses. Este estudo teve não só a finalidade de filtrar as aplicações a apresentar, de forma pormenorizada e detalhada, como também obter os perfis dos utilizadores finais desta tecnologia.

Aresentam-se também as principais características das aplicações mais usadas pela nossa amostra e, por último, projecta-se resumidamente um Assistente Pessoal simples, que permite auxiliar um utilizador na escolha da melhor aplicação VoIP de acordo com o seu perfil.

ABSTRACT

This thesis is concerned with the intelligent Software Agents domain and new technologies of VoIP (Voice over Internet Protocol).

It outlines the history and the evolution of VoIP technology and provides a clarification of its protocols, features and aims. It also analyses the possible outcomes of this technology. In the second part, the concept, characteristics and applications of Software Agents are evaluated together with an analysis of the Multi-Agent System concept. It also presents an empirical study undertaken under this research about the use of VoIP applications - commonly designated *Softphones* – in Portugal, by final users. It was reached a significant sample related to this technology, which provided a clear idea of the criteria, preferences and the user's behaviour.

This study allowed, both to select in depth the main applications used by the sample and to obtain a significant profile of the users of this kind of technology.

In the end, based on user's profile and needs, the findings of this study were used to develop a simple software agent project, which playing the role of a personal assistant, will help users with the task of choosing the best VoIP application.

PREFÁCIO

Nas últimas décadas ocorreram mudanças significativas na área das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). Com a evolução das novas tecnologias, o crescimento da Internet e a massificação da banda larga, surgiram novas formas de comunicar recorrendo a tecnologias inovadoras, nomeadamente novas tecnologias baseadas no protocolo IP (*Internet Protocol*). Nasceram assim as primeiras aplicações de voz sobre IP (VoIP), vulgarmente designadas por *softphones*, que vieram revolucionar a forma de comunicar, com custos substancialmente reduzidos, se não mesmo inexistentes.

Este trabalho pretende estudar esta nova tecnologia e aferir a sua utilização, em Portugal e por utilizadores finais, na sua vertente de software. Para o efeito, foi efectuado um estudo exploratório, sobre a utilização desta tecnologia em Portugal por utilizadores finais. Deste estudo, baseado numa amostra jovem, escolarizada, com bons conhecimentos da tecnologia VoIP e constituída por 966 participantes, conclui-se que a grande maioria usa-a para fins particulares, recorrendo à Internet para efectuar chamadas, sendo o preço um factor crucial para a sua utilização. Quanto às aplicações usadas e respectiva qualidade do som, as direccionadas somente para o VoIP obtêm melhor classificação do que aquelas que oferecem uma gama de serviços adicionais, e a qualidade de som não é um factor critico na sua adopção. Este estudo serviu igualmente para recolher as preferências dos utilizadores desta tecnologia, de modo a conceber um Assistente Pessoal, que permite auxiliar o utilizador na escolha da melhor aplicação VoIP que vá de encontro aos seus requisitos.

Agradecimentos

Quero agradecer ao Prof. Luís Paulo Reis pela sua dedicação, desde a proposta do tema até à sua conclusão. O seu apoio prestado ao longo dos últimos anos não só contribuiu para a realização deste projecto, como também alicerçou uma amizade que dura há uma década e, de certo, se prolongará pela vida fora. Por tudo isto, o meu muito obrigado!

Gostaria também de agradecer ao Prof. Nuno Ribeiro pela preciosa ajuda na elaboração deste trabalho. A sua visão crítica, sucinta e objectiva deram um contributo único que veio aprimorar e enaltecer o resultado final deste projecto.

Agradeço, obviamente, a toda a minha família pelo apoio prestado pois, desde sempre, são os pilares da minha existência. À Anita, que foi, é e sempre será o meu porto de abrigo e ao Joãozinho que veio encher a vida de alegria...e de sono!

Uma palavra de agradecimento à casa que me acolheu nos últimos dois anos e meio de curso, nomeadamente à FEUP e ao respectivo corpo docente, sendo ele constituído por excelentes professores e, melhor ainda, pessoas. Agradeço, por último, ao Laboratório de Inteligência Artificial e Ciências de Computadores (LIACC), da Universidade do Porto, pela cedência das suas instalações na realização deste trabalho.

Ao meu querido irmão

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	MOTIVAÇÃO	15
1.2	OBJECTIVOS	16
1.3	CONTRIBUIÇÕES	16
1.4	ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	16
2	VOICE OVER INTERNET PROTOCOL – VOIP	18
2.1	VoIP ou ToIP?	19
2.2	EVOLUÇÃO DA TELEFONIA: DA PSTN AO VOIP	19
2.2.1	<i>Os primeiros passos</i>	20
2.2.2	<i>As novas tecnologias</i>	23
2.2.3	<i>Protocolos envolvidos no VoIP</i>	24
2.3	DADOS VERSUS VOZ	27
2.4	CARACTERÍSTICAS DO VOIP	28
2.4.1	<i>Qualidade de Voz</i>	28
2.4.2	<i>Vantagens do VoIP</i>	32
2.4.3	<i>Desvantagens do VoIP</i>	33
2.5	CODIFICADORES USADOS EM VOIP	34
2.6	PROTOCOLOS RELEVANTES	38
2.6.1	<i>Os modelos OSI e TCP/IP</i>	38
2.6.2	<i>Norma H.323</i>	42
2.6.3	<i>RTP – Real-Time Transport Protocol</i>	49
2.6.4	<i>RTCP – Real-Time Control Protocol</i>	52
2.6.5	<i>RSVP – ReSource reserVation Protocol</i>	55
2.6.6	<i>RTSP – Real-Time Streaming Protocol</i>	57
2.6.7	<i>SIP – Session Initiation Protocol</i>	57
2.6.8	<i>XMPP - eXtensible Messaging and Presence Protocol</i>	62
2.7	CENÁRIOS EM VOIP	62
2.7.1	<i>Cenário 1: PC para PC</i>	62
2.7.2	<i>Cenário 2: PC para Telefone sobre IP</i>	63
2.7.3	<i>Cenário 3: Telefone para Telefone sobre IP</i>	64
2.8	SEGURANÇA EM VOIP	65

2.9 CONCLUSÃO	66
3 AGENTES E SISTEMAS MULTI-AGENTE (SMA)	67
3.1 AGENTES	67
3.1.1 Definição de Agente	68
3.1.2 Características dos Agentes	70
3.1.3 Classificação de Agentes	72
3.1.4 Taxionomia de Agentes	75
3.2 ARQUITECTURA DE AGENTES: REACTIVA, COGNITIVA E HÍBRIDA	75
3.2.1 Arquitecturas Reactivas	76
3.2.2 Arquitecturas Cognitivas	76
3.2.3 Arquitectura Híbridas	77
3.3 SISTEMAS MULTI-AGENTE (SMA)	78
3.3.1 Evolução dos Sistemas Multi-Agente no Enquadramento da Inteligência Artificial Distribuída	79
3.3.2 O Conceito de Sistema Multi-Agente	81
3.3.3 Classificações de Sistemas Multi-Agente	82
3.3.4 Características dos Sistemas Multi-Agente	83
3.3.5 Vantagens dos Sistemas Multi-Agente	83
3.4 ESTRATÉGIAS DE INTERACÇÃO, COORDENAÇÃO E COMUNICAÇÃO	84
3.4.1 Interacção	84
3.4.2 Coordenação	85
3.4.3 Comunicação de Agentes	85
3.5 NEGOCIAÇÃO E RESOLUÇÃO DE CONFLITOS	87
3.5.1 Tipos de Negociação	88
3.5.2 Protocolos de Negociação	88
3.5.3 Resolução de Conflitos	89
3.6 CONCLUSÕES	90
4 ESTUDO EXPLORATÓRIO	91
4.1 METODOLOGIA	91
4.2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO	93
4.3 SITUAÇÃO SOCIAL DA AMOSTRA: ALGUNS DADOS EXPLORATÓRIOS	94
4.4 CARACTERIZAÇÃO SOCIOGRÁFICA DA AMOSTRA	94
4.5 CONHECIMENTO DA TERMINOLOGIA E TECNOLOGIA VoIP	96

4.6	FACTOR DE ESCOLHA DA TECNOLOGIA VOIP	99
4.7	APLICAÇÃO(ÕES) VOIP UTILIZADA(S)	100
4.8	FACTOR DE ESCOLHA DA APLICAÇÃO VOIP	102
4.9	TEMPO DE UTILIZAÇÃO	105
4.10	CLASSIFICAÇÃO DA QUALIDADE DE SOM	106
4.11	OUTROS SERVIÇOS	107
4.12	REDE UTILIZADA	107
4.13	FINALIDADE	108
4.14	CONCLUSÃO	108
5	APLICAÇÕES VOIP PREFERIDAS DA AMOSTRA	110
5.1	SKYPE	114
5.1.1	<i>Fundadores e História do Skype</i>	114
5.1.2	<i>Características</i>	115
5.1.3	<i>SkypeOut</i>	117
5.1.4	<i>SkypeIn</i>	118
5.1.3	<i>O Futuro do Skype</i>	119
5.2	MSN MESSENGER	119
5.2.1	<i>Características do MSN Messenger</i>	120
5.2.1	<i>O Futuro do Messenger</i>	121
5.3	VOIPBUSTER	122
5.4	SAPO MESSENGER	123
5.4.1	<i>A História do SAPO</i>	124
5.4.2	<i>Características do SAPO Messenger</i>	125
5.4.3	<i>Perspectivas futuras</i>	126
5.5	GOOGLE TALK	126
5.5.1	<i>Características</i>	126
5.5.2	<i>Aspectos a melhorar</i>	127
5.6	NET2PHONE	128
5.6.1	<i>Empresas Subsidiárias</i>	128
5.6.2	<i>Net2Phone CommCenter</i>	129
5.7	IOL TALKI	130
5.7.1	<i>Funcionalidades</i>	131
5.7.2	<i>Tarifários</i>	131

5.8 YAHOO! MESSENGER	132
5.8.1 A História da Yahoo!	132
5.8.2 Características	133
5.8.3 O Futuro do Yahoo! Messenger	134
5.9 CONCLUSÃO	134
6 PROJECTO DO ASSISTENTE PESSOAL	135
6.1 PRINCIPAIS CRITÉRIOS NA IMPLEMENTAÇÃO DE PERFIS DE UTILIZADOR	135
6.1.1 Funcionalidades versus Qualidade de Som	135
6.1.2 Factor de Escolha da Tecnologia VoIP versus Qualidade de Som	136
6.1.4 Finalidade versus Rede	139
6.1.5 Tempo de utilização versus Factor de Escolha	140
6.1.6 Habilitações Literárias versus Conhecimento	141
6.2 ARQUITECTURA DO ASSISTENTE PESSOAL	142
6.3 INTERFACE DO ASSISTENTE PESSOAL	143
6.4 CONCLUSÃO	148
7 CONCLUSÃO	149
REFERÊNCIAS	151

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – OS CRIADORES DA ARPANET: J. POSTEL, S. CROCKER E V. CERF	21
FIGURA 2 – TIM DORCEY - O IMPULSIONADOR DA VIDEOCONFERÊNCIA NA INTERNET	22
FIGURA 3 – SUPRESSÃO DO SILÊNCIO NUMA CHAMADA DE VOZ	24
FIGURA 4 – DIGITALIZAÇÃO DO SINAL DE VOZ EM PACOTES IP [GOMES, 2004]	27
FIGURA 5 – LATÊNCIA DE PACOTES [GOMES, 2004]	30
FIGURA 6 – VARIAÇÃO DA LATÊNCIA ENTRE PACOTES (<i>JITTER</i>) [GOMES, 2004]	31
FIGURA 7 – COMPONENTES EXISTENTES NA NORMA H.323 [GOMES, 2004]	46
FIGURA 8 – TROCA DE MENSAGENS ENTRE ENTIDADES H.323 [MICHAELY, 2000]	48
FIGURA 9 – PROTOCOLO RTP	50
FIGURA 10 – PROCESSO DE RESERVA NUM NÓ DO CAMINHO DO FLUXO DE DADOS	56
FIGURA 11 – EXEMPLO DE UMA CHAMADA SIP SIMPLES	58
FIGURA 12 – ARQUITECTURA DE PROTOCOLOS DE CONFERÊNCIA MULTIMÉDIA NA INTERNET [HANDLEY, 1997]	59
FIGURA 13 – INTERACÇÃO DO SIP COM OUTROS PROTOCOLOS [SCHULZRINNE, 2001]	61
FIGURA 14 – VOIP ENTRE COMPUTADORES	63
FIGURA 15 – VOIP ENTRE COMPUTADOR E TELEFONE	63
FIGURA 16 – VOIP ENTRE TELEFONES	64
FIGURA 17 – TIPOS DE AGENTES [NWANA, 1996]	74
FIGURA 18 – ARQUITECTURA DE UM AGENTE BDI [WOOLDRIDGE, 2002]	77
FIGURA 19 – ARQUITECTURAS HÍBRIDAS DE AGENTES [WOOLDRIDGE, 2002]	78
FIGURA 20 – ALGUMAS DAS DIMENSÕES PARA CLASSIFICAÇÃO DE AGENTES [SHMEIL, 1999]	82
FIGURA 21 – DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA POR GRUPOS ETÁRIOS (%)	95
FIGURA 22 – DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA POR HABILITAÇÕES LITERÁRIAS (%)	95
FIGURA 23 – DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA POR ACTIVIDADE PROFISSIONAL (%)	96
FIGURA 24 – NÍVEL DE CONHECIMENTO DA TECNOLOGIA VOIP DA AMOSTRA (%)	96
FIGURA 25 – RELAÇÃO ENTRE O CONHECIMENTO E O USO DE VOIP DA AMOSTRA (%)	98
FIGURA 26 – ACTIVIDADE DA PARTE DA AMOSTRA QUE NUNCA OUVIU FALAR EM VOIP (%)	98
FIGURA 27 – HABILITAÇÕES LITERÁRIAS DA PARTE DA AMOSTRA QUE NUNCA OUVIU FALAR EM VOIP (%)	99
FIGURA 28 – IDADE DA PARTE DA AMOSTRA QUE NUNCA OUVIU FALAR EM VOIP (%)	99

FIGURA 29 – FACTOR DE ESCOLHA DA TECNOLOGIA VoIP DA AMOSTRA (%) _____	100
FIGURA 30 – NÚMERO DE APLICAÇÕES VoIP UTILIZADAS SIMULTANEAMENTE PELA MOSTRA (%) _____	100
FIGURA 31 – PERCENTAGEM DA AMOSTRA QUE UTILIZA SÓ UMA ÚNICA APLICAÇÃO VoIP (%) _____	101
FIGURA 32 – APLICAÇÃO VoIP MAIS UTILIZADA PELA AMOSTRA (%) _____	102
FIGURA 33 – FACTOR DE ESCOLHA DA APLICAÇÃO VoIP PELA AMOSTRA (%) _____	102
FIGURA 34 – “USABILIDADE” <i>VERSUS</i> APLICAÇÃO UTILIZADA PELA AMOSTRA (%) ____	103
FIGURA 35 – NOTORIEDADE <i>VERSUS</i> APLICAÇÃO UTILIZADA PELA AMOSTRA (%) ____	103
FIGURA 36 – QUANTIDADE DE SERVIÇOS <i>VERSUS</i> APLICAÇÃO UTILIZADA PELA AMOSTRA (%) _____	104
FIGURA 37 – FIABILIDADE <i>VERSUS</i> APLICAÇÃO UTILIZADA PELA AMOSTRA (%) ____	105
FIGURA 38 – TEMPO DE USO DA TECNOLOGIA PELA AMOSTRA (%) _____	105
FIGURA 39 – RELAÇÃO ENTRE O TEMPO DE USO COM AS APLICAÇÕES MAIS USADAS PELA AMOSTRA (%) _____	106
FIGURA 40 – CLASSIFICAÇÃO DA QUALIDADE DE SOM DA APLICAÇÃO PELA AMOSTRA (%) _____	107
FIGURA 41 – OUTROS SERVIÇOS UTILIZADOS PELA AMOSTRA (%) _____	107
FIGURA 42 – REDE UTILIZADA PELA AMOSTRA (%) _____	108
FIGURA 43 – ÂMBITO DO USO DA APLICAÇÃO PELA AMOSTRA (%) _____	108
FIGURA 44 – INTERFACE GRÁFICA DO SKYPE _____	117
FIGURA 45 – INTERFACE GRÁFICA DO WINDOWS MESSENGER _____	120
FIGURA 46 – INTERFACE GRÁFICA DO MSN MESSENGER 7.5 _____	121
FIGURA 47 – INTERFACE GRÁFICA DO WINDOWS LIVE MESSENGER _____	122
FIGURA 48 – INTERFACE GRÁFICA DO VOIPBUSTER _____	123
FIGURA 49 – INTERFACE GRÁFICA DO GOOGLE TALK _____	127
FIGURA 50 – INTERFACE GRÁFICA DO NET2PHONE _____	129
FIGURA 51 – INTERFACE GRÁFICA DO IOL TALKI _____	131
FIGURA 52 – INTERFACE GRÁFICA DO YAHOO! MESSENGER _____	134
FIGURA 53 – MSN – FUNCIONALIDADES <i>VERSUS</i> QUALIDADE DE SOM _____	136
FIGURA 54 – SKYPE – FUNCIONALIDADES <i>VERSUS</i> QUALIDADE DE SOM _____	136
FIGURA 55 – MSN – FACTOR DE ESCOLHA DA TECNOLOGIA VoIP <i>VERSUS</i> QUALIDADE DE SOM _____	136

FIGURA 56 – SKYPE – FACTOR DE ESCOLHA DA TECNOLOGIA VOIP <i>VERSUS</i> QUALIDADE DE SOM _____	137
FIGURA 57 – VOIPBUSTER – FACTOR DE ESCOLHA DA TECNOLOGIA VOIP <i>VERSUS</i> QUALIDADE DE SOM _____	137
FIGURA 58 – MSN – CONHECIMENTO <i>VERSUS</i> QUALIDADE DE SOM _____	138
FIGURA 59 – SKYPE – CONHECIMENTO <i>VERSUS</i> QUALIDADE DE SOM _____	138
FIGURA 60 – VOIPBUSTER – CONHECIMENTO <i>VERSUS</i> QUALIDADE DE SOM _____	138
FIGURA 61 – MSN – FINALIDADE <i>VERSUS</i> REDE _____	139
FIGURA 62 – SKYPE – FINALIDADE <i>VERSUS</i> REDE _____	139
FIGURA 63 – VOIPBUSTER – FINALIDADE <i>VERSUS</i> REDE _____	139
FIGURA 64 – MSN – TEMPO DE UTILIZAÇÃO <i>VERSUS</i> FACTOR DE ESCOLHA _____	140
FIGURA 65 – SKYPE – TEMPO DE UTILIZAÇÃO <i>VERSUS</i> FACTOR DE ESCOLHA _____	140
FIGURA 66 – VOIPBUSTER – TEMPO DE UTILIZAÇÃO <i>VERSUS</i> FACTOR DE ESCOLHA _____	140
FIGURA 67 – MSN – HABILITAÇÕES LITERÁRIAS <i>VERSUS</i> CONHECIMENTO _____	141
FIGURA 68 – SKYPE – HABILITAÇÕES LITERÁRIAS <i>VERSUS</i> CONHECIMENTO _____	142
FIGURA 69 – VOIPBUSTER – HABILITAÇÕES LITERÁRIAS <i>VERSUS</i> CONHECIMENTO _____	142
FIGURA 70 – ARQUITECTURA DO ASSISTENTE PESSOAL _____	143
FIGURA 71 – INTERFACE DO ASSISTENTE PESSOAL VOIP [APRESENTAÇÃO] _____	144
FIGURA 72 – INTERFACE DO ASSISTENTE PESSOAL VOIP [DADOS PESSOAIS] _____	144
FIGURA 73 – INTERFACE DO ASSISTENTE PESSOAL VOIP [TEMPO] _____	144
FIGURA 74 – INTERFACE DO ASSISTENTE PESSOAL VOIP [FACTOR DE UTILIZAÇÃO] _____	145
FIGURA 75 – INTERFACE DO ASSISTENTE PESSOAL VOIP [FINALIDADE] _____	145
FIGURA 76 – INTERFACE DO ASSISTENTE PESSOAL VOIP [CARACTERIZAÇÃO] _____	146
FIGURA 77 – INTERFACE DO ASSISTENTE PESSOAL VOIP [QUALIDADE DE SOM] _____	146
FIGURA 78 – INTERFACE DO ASSISTENTE PESSOAL VOIP [REDE] _____	146
FIGURA 79 – INTERFACE DO ASSISTENTE PESSOAL VOIP [QUALIDADE DE SOM] _____	147
FIGURA 80 – INTERFACE DO ASSISTENTE PESSOAL VOIP [RESUMO] _____	147
FIGURA 81 – INTERFACE DO ASSISTENTE PESSOAL VOIP [RESULTADO FINAL] _____	148

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – MOS (MEAN OPINION SCORE) _____	35
TABELA 2 – TIPOS DE CODECS _____	37
TABELA 3 – MODELOS OSI E TCP/IP _____	39
TABELA 4 – ARQUITECTURA PROTOCOLAR DO H.323 [SOUSA, 2003] _____	43
TABELA 5 – CODECS DO H.323 _____	44
TABELA 6 – FAMÍLIA DE PROTOCOLOS H.323 [GREEN, 2002]. _____	49
TABELA 7 – TIPOS DE AGENTES [SYCARA ET AL., 1999] _____	72
TABELA 8 – TAXIONOMIA DE AGENTES _____	75
TABELA 9 – TABELA DE PREÇOS DO SKYPEOUT _____	118
TABELA 10 – TARIFAS PRATICADAS PELA NET2PHONE _____	130
TABELA 11 – TARIFÁRIOS IOL TALKI _____	132

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

Nas últimas décadas ocorreram mudanças significativas na área das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). Com a evolução das novas tecnologias, o crescimento da Internet e a massificação da banda larga, surgiram novas formas de comunicar recorrendo a tecnologias inovadoras, nomeadamente novas tecnologias baseadas no protocolo IP (Internet Protocol). Nasceram assim as primeiras aplicações de voz sobre IP (VoIP), vulgarmente designadas por *softphones*, que vieram revolucionar a forma de comunicar, com custos substancialmente reduzidos, se não mesmo inexistentes.

Esta dissertação pretende auxiliar o utilizador final desta tecnologia na escolha da melhor aplicação que satisfaça as suas preferências.

Para tal desenvolveu-se um estudo exploratório desta tecnologia por utilizadores finais afim de moldar os possíveis perfis existentes e conhecer, dessa forma, as suas preferências relativamente às expectativas que esta aplicação visa alcançar. Um segundo propósito desse estudo foi efectuar um filtro às várias aplicações existentes no mercado, pois seria impossível descrevê-las todas aqui, de modo a apresentar as suas principais características e vantagens.

No quotidiano, a tarefa de escolha de uma dada aplicação é feita com base em critérios pouco científicos, ou seja, é um processo aleatório, muitas vezes anárquico. Instala-se uma aplicação, experimenta-se e, caso não se goste, desinstala-se e procura-se uma nova de acordo com as nossas preferências. Este processo repete-se em muitas outras áreas, onde nem sempre a informação das características da aplicação é dada ao utilizador final da mesma.

Por isso, se esse processo de escolha da aplicação for baseada em critérios científicos e realizado de forma automatizada, não só diminui o tempo e esforço dispendido, como também pode levar a uma escolha mais eficiente.

Um agente inteligente é uma entidade de software que efectua um conjunto de operações, em benefício de um utilizador ou outro programa, com algum grau de independência ou autonomia, utilizando para o efeito o conhecimento ou a representação dos objectivos e desejos do utilizador.

As técnicas de IA (Inteligência Artificial), nomeadamente os agentes inteligentes e assistentes pessoais, permitem construir entidades de software autónomas e inteligentes capazes de efectuar operações em benefício de um utilizador.

1.2 Objectivos

Pretende-se, com a elaboração deste trabalho, estudar e analisar a tecnologia VoIP na sua vertente de software, comumente designada por *softphone*. Para o efeito foi efectuado um estudo realizado no âmbito da utilização da tecnologia VoIP por utilizadores finais em Portugal.

Com base nesse estudo exploratório, realizado em Portugal sobre a utilização desta tecnologia, por utilizadores finais, pretende-se obter os vários perfis existentes de utilizador por aplicação.

Fundamentado nesse estudo, é objectivo do trabalho projectar um sistema, baseado num agente de software que, com base em critérios pré-definidos, seja capaz de auxiliar o utilizador na tarefa de escolha da melhor aplicação de acordo com o seu perfil, actuando como um assistente pessoal.

1.3 Contribuições

Este trabalho tenta contribuir para uma nova perspectiva de abordagem à tecnologia VoIP, sendo as principais contribuições:

- Realização de um estudo sobre a evolução da tecnologia VoIP ao longo dos anos;
- Concepção e análise de um estudo exploratório sobre a utilização desta tecnologia por utilizadores finais em Portugal;
- Apresentação das principais aplicações utilizadas pela nossa amostra, de acordo com o estudo exploratório efectuado;
- Projecto de um assistente pessoal simples para auxílio a um utilizador na selecção de serviços VoIP.

1.4 Organização da Dissertação

A presente dissertação está estruturada em sete capítulos, sendo o primeiro a introdução ao tema apresentado. No segundo capítulo é efectuado um estudo sobre a tecnologia VoIP, a sua evolução, características e protocolos envolvidos. A seguir, no terceiro capítulo, apresentamos o conceito de Agente e Sistemas Multi-Agente (SMA) onde se

comparam as diferentes arquitecturas, características e respectivas vantagens. No capítulo seguinte, o quarto, efectua-se um estudo exploratório sobre a utilização desta tecnologia em Portugal por utilizadores finais e analisa-se os resultados obtidos. No quinto capítulo apresentam-se as principais características das aplicações mais utilizadas pela amostra do estudo realizado. O sexto capítulo descreve o projecto de um assistente pessoal, cujo objectivo é auxiliar o utilizador final na escolha da melhor aplicação VoIP, de acordo com o seu perfil. Por último, no sétimo capítulo, é realizado um balanço geral ao estudo efectuado sobre a temática e trilha-se futuros melhoramentos a implementar.

2 VOICE OVER INTERNET PROTOCOL – VoIP

Quando em 1982, a DCA (*Defense Communications Agency*), actualmente designada por DISA¹ (*Defense Information Systems Agency*), e a ARPA (*Advanced Research Projects Agency*) estabeleceram o TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) como protocolo normalizado para a ARPAnet estavam longe de imaginar o impacto e a revolução que esse protocolo iria causar nas comunicações futuras [Bernard, 1993]. Na altura ninguém pensava que essa rede se iria tornar na grande rede mundial que é hoje conhecida por Internet.

Na verdade, nas últimas décadas do século XX presenciámos mudanças significativas na forma de comunicar: desde a década de 50, que foi marcada pela possibilidade de efectuar chamadas internacionais directas, através da introdução de cabos transatlânticos, até aos dias de hoje em que a transmissão e sinalização de voz e dados já se efectua numa única infra-estrutura baseada em redes de pacotes.

O protocolo IP foi desenvolvido e implementado como um protocolo de comunicação com controlo de tráfego utilizando a regra do melhor esforço (*Best-effort Service* ou *Lack of QoS - Quality of Service*), ou seja, não fornece nenhum mecanismo de qualidade de serviço e, consequentemente, nenhuma garantia de alocação de recursos da rede.

Actualmente, e devido ao avanço das tecnologias da informação e da comunicação, existe a tendência de integração de voz (telefonía) e dados numa única infra-estrutura de redes de pacotes, a rede IP, com todas as vantagens inerentes a tal integração. A emergente e crescente procura por serviços IP, mais concretamente em termos de VoIP (*Voice over IP*), provocou uma corrida desenfreada dos fabricantes de equipamentos de redes para desenvolver protocolos que garantissem qualidade de serviço.

Neste contexto, podemos definir VoIP como uma tecnologia que permite a digitalização e codificação de voz, e o consequente empacotamento de dados IP para a transmissão numa rede que utilize o protocolo TCP/IP.

Este capítulo aborda esse conjunto de protocolos, a sua evolução, as vantagens e as desvantagens, as técnicas, os codificadores e os mecanismos emergentes relacionados com uma tecnologia tão em voga actualmente.

¹ [Http://www.disa.mil](http://www.disa.mil)

2.1 VoIP ou ToIP?

A diferença entre Telefonia sobre IP (ToIP) ou Voz sobre IP (VoIP) é mais uma questão de “moda” do que propriamente uma questão de se tratarem de conceitos diferentes, pois os primeiros fabricantes que implementaram VoIP, a determinada altura, quiseram-se distinguir uns dos outros dizendo que alguns só faziam VoIP e que outros faziam ToIP.

Esta distinção fazia algum sentido porque as primeiras soluções de VoIP efectuavam essencialmente a interligação de centrais telefónicas. A voz que saía das centrais telefónicas era transformada em pacotes IP, que eram depois entregues num ponto remoto num equipamento idêntico, o qual desempacotava a voz do IP e a entregava à central telefónica. De facto, tratava-se de voz sobre IP.

A telefonia sobre IP era mais do que isso, porque não permitia transmitir apenas voz mas também as facilidades telefónicas, tais como reencaminhamento, chamada em espera e conferência. A nível de centrais telefónicas das redes internas passava-se a tratar o transporte do sistema de voz completamente em IP.

Hoje em dia, essa diferença já se encontra um pouco ultrapassada². Assim, assumiremos ao longo desta dissertação, a nomenclatura VoIP sempre que se tratar de voz sobre IP, ou seja, a digitalização e codificação de voz em pacotes IP para a transmissão numa rede sobre TCP/IP.

2.2 Evolução da telefonia: da PSTN ao VoIP

A conversação humana é uma forma de onda mecânica com frequências principais na faixa que varia entre 300 Hz e 3,4 KHz, com alguns padrões de repetição definidos em função do timbre de voz e dos fonemas emitidos durante a conversação. O grande problema da telefonia em geral é a reprodução com qualidade da voz humana num terminal à distância. Num ambiente de telefonia totalmente analógico, isto é possível pela transmissão da forma de onda entre os interlocutores através de um meio metálico, com possíveis amplificações analógicas.

Desde a invenção do telefone que a exigência básica para uma comunicação telefónica é o estabelecimento de um circuito entre dois pontos. Esta rede denomina-se por PSTN (*Public Switched Telephone Network*) ou Rede Telefónica Pública Comutada, e é a

² Esta discussão foi de certo modo apaziguada desde o dia 9 de Março de 2001, data do relatório do Secretário-Geral da *International Telecommunications Union* (ITU) *World Telecommunication Policy Forum* (<http://www.itu.int>).

maior rede de comunicações existente. Embora eficiente, esta tecnologia é antiga, pois foi projectada para a comunicação em tempo real de voz síncrona com qualidade de serviço garantida, ou seja, quando uma chamada telefónica é iniciada é estabelecido um circuito reservado *full-duplex* restrito a dois interlocutores. Assim que a chamada é finalizada esse circuito reservado é libertado e a linha fica novamente disponível para outras comunicações. O método básico para a comunicação telefónica consiste, no fundo, em estabelecer um circuito entre dois assinantes: isto ainda se verifica hoje na maioria das ligações tradicionais - o utilizador de telefone convencional está habituado a uma rotina de marcação: levantar o telefone, ouvir o sinal de marcar, digitar o número do destinatário, ouvir o sinal de chamada e só então começar a falar. Apesar da telefonia ter evoluído para circuitos digitais e multiplexados, a presença do circuito é indispensável na comunicação. Na telefonia, o utilizador é conhecido sempre por assinante.

Isto, porém, representava um alto custo pela impossibilidade de se utilizar o meio físico para a transmissão de mais de um canal de conversação. Com a evolução da telefonia digital, a voz é codificada em formato digital, um sinal que pode ser multiplexado no tempo de forma a compartilhar meios de transmissão. A representação digital de áudio oferece algumas vantagens: alta imunidade a ruído, estabilidade e boa reprodução, entre outras.

Com a utilização de redes de pacotes para tráfego de voz elimina-se a necessidade da presença de um circuito. Neste âmbito, a voz é empacotada e transmitida em redes de computadores juntamente com os dados. Contudo, e com a evolução das tecnologias da comunicação, mais concretamente com a Internet, novas portas se abriram, e o modo de comunicar começa a ser visto de uma forma diametralmente oposta.

2.2.1 Os primeiros passos

A primeira tentativa de transportar áudio em redes de pacotes iniciou-se na década de 70, por Danny Cohen, numa experiência de transmissão de voz em pacotes e em tempo real entre o USC/ISI³ (*University of Southern California/Information Sciences Institute*) e o MIT's Lincoln Lab⁴ [Schulzrinne, 1996]. As amostras de áudio eram comprimidas utilizando o codificador CVSD (*Continuously-Variable Slope Differential*) e o

³ [Http://www.isi.edu](http://www.isi.edu)

⁴ [Http://www.ll.mit.edu](http://www.ll.mit.edu)

transporte dos pacotes de áudio era feito com o protocolo NVP (*Network Voice Protocol*)⁵ [RFC 741, 1997].

Embora inicialmente, quando a ARPAnet começou a operar em 1969, se utilizasse o protocolo NCP (*Network Control Protocol*)⁶, em 1977 foi introduzido, após alguns estudos de Kahn e Cerf, o protocolo TCP, que efectuava a ligação entre redes, e que, paulatinamente, foi substituindo o NCP na ARPAnet, devido não só ao facto de ser mais rápido, mas também mais fácil de usar e implementar.

Em 1978, o IP foi separado do TCP e assumiu o papel de encaminhador de pacotes, muito graças ao trabalho desenvolvido por Vinton Cerf, Jon Postel e Steve Crocker [Poole et. al, 1999] (ver figura 1).

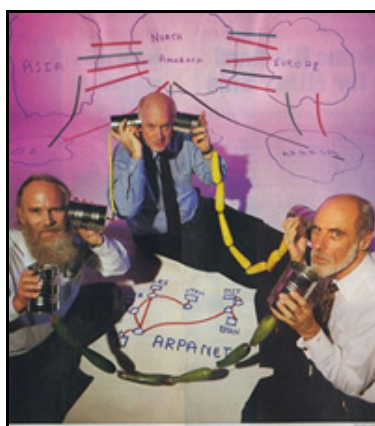


Figura 1 – Os criadores da ARPAnet: J. Postel, S. Crocker e V. Cerf

O trabalho continuou no melhoramento da qualidade oferecida pela rede de comutação de pacotes, comparativamente com as redes de comutação de circuitos, relativamente a problemas de entrega assíncrona, elevadas taxas de perda de pacotes, latências elevadas e *jitter* (variação entre o tempo em que o pacote é esperado e o tempo em que é recebido, isto é, o pacote foi recebido antes ou depois do esperado) [Rosenberg, 2001].

Em 1981 R. Cole propõe o protocolo PVP (*Packet Video Protocol*) para o transporte de vídeo em pacotes [Cole, 1981].

Mais tarde, em Março de 1992, faltando apenas o vídeo para completar o transporte dos três elementos essenciais para um ambiente de conferência multimédia em redes de comutação de pacotes, a IETF (*Internet Engineering Task Force*)⁷ realiza a primeira difusão de áudio e vídeo através da MBone (*Multicast Backbone*), a partir de San

⁵ [Http://www.ietf.org/rfc/rfc741.txt](http://www.ietf.org/rfc/rfc741.txt)

⁶ Definido pelo RFC 33, RFC 36 e RFC 78

⁷ [Http://www.ietf.org](http://www.ietf.org)

Diego⁸, utilizando as aplicações *vat*⁹ [Casner et. al., 1992] e *dvc*¹⁰ [Umair, 2001]. Henning Schulzrinne inicia, no mesmo ano, o desenvolvimento do protocolo RTP (*Real-Time Transport Protocol*¹¹), de modo a normalizar uma camada de transporte para a transmissão de informação multimédia em tempo real, sendo este protocolo publicado em 1995 como IETF standard [Poole et al., 1999].

Ainda nesse ano surgiu outra aplicação, o *CU-SeeMe*¹², que foi um dos primeiros protótipos de videoconferência disponíveis na Internet. Desenvolvido inicialmente para o sistema operativo *MacOs* e, em seguida, para *Windows*, este protótipo utilizava um processo responsável pela distribuição de sinais pelos vários intervenientes da conferência [Dorcey, 1997].



Figura 2 – Tim Dorcey - o impulsionador da videoconferência na Internet

Ainda em 1995, Steve McCanne e Van Jacobson desenvolveram a *vic* (*Video Conferencing Tool*¹³), uma aplicação desenvolvida pelo *Network Research Group* da *Lawrence Berkeley National Laboratory* em colaboração com a Universidade da Califórnia, Berkeley que utiliza o codificador normalizado H.261¹⁴ [McCanne e Jacobson, 1995]. Em 1996 é publicada, pela ITU (*International Telecommunication Union*¹⁵), a primeira versão da recomendação H.323¹⁶ [H.323, 1996]. Inicialmente projectada para redes locais (*LANs*), a H.323 é uma recomendação para a comunicação de áudio, vídeo e dados, tendo como objectivo a definição de protocolos, ou a utilização de protocolos já existentes, e procedimentos para as comunicações multimédia. Ainda em 1996, é prestado pela *DeltaThree*¹⁷ o primeiro serviço comercial de VoIP, seguindo-

⁸ Disponível em <ftp://ftp.isi.edu/isi-pubs/rs-92-293.pdf>

⁹ <http://www-nrg.ee.lbl.gov/vat>

¹⁰ Disponível em <http://www.iana.org/periodic-reports/imr-jul92.txt>. Foi, de facto, a demonstração desta ferramenta, concebida por Paul Milazzo's, que inspirou o desenvolvimento do CU-SeeMe

¹¹ RFC 1889, disponível em <http://www.ietf.org/rfc/rfc1889.txt>. Este RFC tornou-se obsoleto, desde Julho 2003, com o RFC 3550, disponível em <http://www.ietf.org/rfc/rfc3550.txt>

¹² Desenvolvido na Cornell University por Tim Dorcey

¹³ <http://www-nrg.ee.lbl.gov/vic>

¹⁴ <http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-H.261>

¹⁵ <http://www.itu.int/home/index.html>

¹⁶ <http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-H.323>

¹⁷ <http://www.corp.deltathree.com>

se a *Net2phone*¹⁸ e a *iBasis*¹⁹. Ainda nesse ano, a *Microsoft* lança o seu primeiro sistema de conferência sobre redes de pacotes: o *Microsoft NetMeeting*²⁰ v1.0, inicialmente sem vídeo, que foi incorporado meses mais tarde na versão v2.0b2, que utilizava os protocolos recentes T.120²¹ para a conferência de dados e o H.323 para videoconferência, ambos da ITU.

Em Fevereiro de 1999, o protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*)²² foi aceite como norma, pelo IETF, como um protocolo de sinalização para a criação, modificação e finalização de sessões com um ou mais participantes.

Nos últimos anos, com o crescimento e estabelecimento da Internet, as primeiras conferências empresariais marcam a transição da utilização de redes de pacotes para o tráfego de voz como experiências de laboratório, para o mundo dos serviços empresariais. Para termos uma ideia deste crescimento, a taxa média de crescimento anual de subscritores de acesso à Internet, segundo a ANACOM²³, é de 91% [ANACOM, 2001].

2.2.2 As novas tecnologias

Uma revolução está a acontecer no ambiente das telecomunicações. A necessidade da presença de um circuito está a acabar em função da utilização de redes de comutação de pacotes para tráfego de voz. Dentro deste conceito, a voz é empacotada e transmitida em redes partilhadas, juntamente com dados, sendo o protocolo preferido para este transporte o IP. A esta nova concepção de rede dá-se o nome de NGN (*Next Generation Network*).

As soluções baseadas em IP têm sido propostas em substituição aos modelos de telefonia convencional, com inúmeras vantagens daí resultantes, devido ao facto de o tráfego de dados superar o de voz.

Actualmente, as empresas estão a avaliar o transporte de voz sobre as redes IP para reduzirem os custos de telefonia e fax, com a vantagem da utilização de aplicações multimédia avançadas. Os serviços de transmissão de voz sobre redes IP oferecem alta qualidade e podem ser integrados com os serviços de dados e vídeo, tornando realidade a convergência dos serviços. A tecnologia de VoIP está a provar que pode ser viável,

¹⁸ [Http://www.net2phone.com](http://www.net2phone.com)

¹⁹ [Http://www.ibasis.net](http://www.ibasis.net)

²⁰ [Http://www.microsoft.com/windows/netmeeting](http://www.microsoft.com/windows/netmeeting)

²¹ [Http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-T.120](http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-T.120)

²² [Http://www.ietf.org/html.charters/sip-charter.html](http://www.ietf.org/html.charters/sip-charter.html)

²³ O ICP – Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM) é a autoridade reguladora do sector das comunicações – telecomunicações e correios – em Portugal (<http://www.icep.pt>)

adota padrões internacionais e pode ser implementada a uma escala mundial, utilizando o protocolo IP para este processo. A rede que funcionar com esse protocolo poderá igualmente transmitir voz, por isso poderá ser um aspecto fundamental na sua escolha.

Existem aspectos relacionados com a natureza do sinal de voz que permitem adicionar mecanismos de compressão, nomeadamente a distribuição não uniforme de amplitudes, a correlação entre amostras sucessivas, a correlação entre ciclos sucessivos, o factor de inactividade ou supressão de silêncio, a densidade espectral, a média não uniforme confirmando a redundância de informações e a densidade espectral instantânea, ou a presença de formatos que se mantêm inalterados durante 20 a 30 ms.



Figura 3 – Supressão do silêncio numa chamada de voz

Uma possibilidade interessante é a supressão de silêncios, conforme ilustrado na figura 3. Numa conversação telefónica, apenas 50% do tempo o canal de voz está activo, isto é, o utilizador está a falar [Sousa, 2003]. Um mecanismo conhecido como VAD (*Voice Activity Detection*) é utilizado para detectar a presença do silêncio e removê-la.

2.2.3 Protocolos envolvidos no VoIP

Para realizar uma chamada são necessários protocolos de controlo e sinalização para executarem algumas tarefas, tais como a localização do utilizador, notificação de chamada, início de transmissão de voz, finalização de transmissão de voz e desconexão. Numa chamada VoIP, os diferentes tipos de sinalização áudio de estabelecimento da chamada devem ser simulados, nomeadamente o tom de chamar, o sinal de chamar e o tom de ocupado. Na fase de conversação, a voz tem de ser convertida de analógico para digital, agrupada em pacotes, enviada através da rede, reagrupada na recepção e convertida de novo em analógico, através de *codecs* (*COmpressor/ DECompressor*).

De facto, existem seis fases numa chamada VoIP:

- O emissor levanta o auscultador do telefone e ouve o tom de chamar;
- O emissor introduz o número de telefone do destinatário, a partir do qual se obtém o endereço IP do destinatário;

- São activados os protocolos de estabelecimento de chamada para localizar o destinatário e enviar um sinal que produza um toque de chamada;
- O telefone do destinatário toca, indicando ao chamado que chegou uma chamada;
- O receptor levanta o auscultador e inicia uma conversação bidireccional. O sinal de áudio é codificado através de um *codec* e enviado pela rede IP usando um protocolo de *streaming*²⁴ de voz;
- A conversação termina com a colocação do auscultador no descanso, ocorrendo a terminação de chamada e o consequente registo de facturação da mesma.

Actualmente, para além de diversas soluções proprietárias, existem actualmente duas importantes recomendações de voz sobre IP, uma do ITU-T²⁵ e outra do IETF, como já atrás referimos. A primeira recomendação do ITU-T surgiu em 1996, com a designação H.323 – “*Visual telephone systems and equipment for local area networks which provide a nonguaranteed quality of service*”. Em Janeiro de 1998 surge a segunda versão da recomendação H.323 – “*Packet Based Multimedia Communication Systems*”, sendo a terceira versão aprovada em Setembro de 1999 e a quarta em Novembro de 2000 [H.323, 1996].

A solução do IETF, o SIP, desenvolvida pelo grupo MMUSIC (*Multiparty MULTimedia SessIon Control*) do IETF, foi inicialmente publicada na RFC 2543²⁶, em 1996, obsoleta com a publicação da RFC 3261²⁷, em Junho de 2002 [Rosenberg et al., 2002]. Relativamente a estas duas recomendações, o H.323 encontra-se actualmente mais implementado no mercado, provavelmente por ter surgido primeiro. No entanto, as características do SIP, principalmente a sua maior simplicidade quando comparado com o H.323, e o facto de ter sido desenvolvido com base no HTTP, colocam-no numa posição de concorrência efectiva com o H.323, apesar de este disponibilizar mais características e ser mais completo no suporte a comunicações multimédia em redes de dados. O padrão H.323, proposto pela ITU, é uma pilha de protocolos que está

²⁴ Consiste em transferir dados, normalmente sobre a Internet, num modo contínuo, a fim de permitir que ficheiros mais pesados, normalmente multimédia, possam ser executados antes do seu *download* completo, normalmente para um computador

²⁵ O ITU Telecommunication Standardization Sector (ITU-T) é um dos três sectores do International Telecommunication Union (ITU). A sua missão é assegurar uma alta qualidade de padrões *standard* (recomendações) abrangendo todos os campos das telecomunicações (<http://www.itu.int/ITU-T>)

²⁶ RFC 2543, disponível em <http://www.ietf.org/rfc/rfc2543.txt>

²⁷ RFC 3261, disponível em <http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>

direccionada para a conexão e controlo da chamada, que são separados da transmissão de conteúdo (voz) entre os computadores.

O IETF e o ITU têm tido, ao longo dos tempos, uma aproximação diferente ao desenvolvimento de especificações de protocolos. Enquanto a aproximação do ITU se baseia na tentativa de antecipar as soluções, de forma global, aos vários problemas e inclui-os o mais rapidamente como especificações, o IETF tem uma aproximação oposta com uma filosofia mais pragmática e de acordo com o paradigma de que cada solução resolve um problema. Como resultado destas ideologias temos dois protocolos distintos para resolver o mesmo problema: o H.323 que é um protocolo de uma grande complexidade, e o SIP, um protocolo leve e simples de utilizar [Wind River, 2002].

Para a transmissão do fluxo de voz utiliza-se o protocolo RTP (*Real-time Transport Protocol*) que recorre ao serviço de transporte UDP (*User Datagram Protocol*) para transmitir os pacotes. O RTP é necessário porque na telefonia IP uma taxa de transmissão constante é fundamental, enquanto que a perda de pacotes pode ser desprezada. Este é o protocolo padrão para o transporte de dados que necessitem de transmissão em tempo real, tais como áudio e vídeo, e pode ser usado por diversos tipos de serviços de *media* interactivos, tal como o VoIP.

Existem, ainda, outros protocolos envolvidos neste processo, nomeadamente o RTCP²⁸ (*Real Time Control Protocol*) para fornecer informação útil ao nível de QoS, o SDP²⁹ (*Session Description Protocol*) para descrever sessões multimédia, o RTSP³⁰ (*Real-Time Streaming Protocol*) para o controlo da entrega de *streams*, o MEGACO³¹ (*Media Gateway Control*) para o controlo das *gateways* que fazem o interface com a rede PSTN, o DNS para a determinação do destinatário dos pedidos, o protocolo LDAP³² (*Lightweight Directory Access Protocol*) para o acesso directo à base de dados de um servidor de localização, o TRIP³³ (*Telephony Routing over IP*) para troca de informação de encaminhamento entre domínios administrativos de telefonia e, finalmente, mas não menos importante, o RSVP (*Resource reSerVation Protocol*) para estabelecer a reserva de recursos [Sousa, 2003].

²⁸ As suas funções podem ser obtidas em <http://www.ietf.org/rfc/rfc3550.txt>

²⁹ RFC 2327, disponível em <http://www.ietf.org/rfc/rfc2327.txt>

³⁰ RFC 2326, disponível em <http://www.ietf.org/rfc/rfc2326.txt>

³¹ RFC 3015, disponível em <http://www.ietf.org/rfc/rfc3015.txt>. Este protocolo (também publicado como recomendação H.248 do ITU-T), desenvolvido pelo *Megaco Working Group*, em colaboração com o *ITU-T Study Group 16*, responde aos requisitos documentados no RFC 2805.

³² RFC 1777, disponível em <http://www.ietf.org/rfc/rfc1777.txt>

³³ RFC 3219, disponível em <http://www.ietf.org/rfc/rfc3219.txt>

Iremos analisar mais à frente, com maior detalhe, as características destes e outros protocolos importantes no contexto deste trabalho.

2.3 Dados versus Voz

Qualquer sistema que transporta voz numa rede de dados utiliza, em condições normais, tecnologias de voz em pacotes. Os sinais analógicos de voz são digitalizados e o fluxo digital resultante é convertido em pacotes *standard*, como podemos observar na figura 4 [Gomes, 2004].

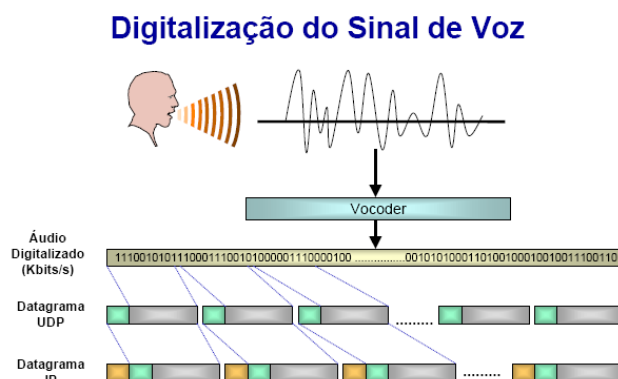


Figura 4 – Digitalização do sinal de voz em pacotes IP [Gomes, 2004]

Devido ao volume de dados gerado por uma aplicação VoIP, esta tecnologia encontra-se em funcionamento em redes corporativas privadas, mas se a rede base para transporte desta aplicação for a Internet, não é aconselhável, por enquanto, que seja utilizada para fins profissionais, pois o TCP/IP não oferece padrões de QoS, comprometendo desta forma a qualidade da voz. Essa qualidade fica dependente do tráfego de dados existentes no momento em que a conversa decorre.

Uma diferença importante entre uma aplicação de dados e uma aplicação de voz é que uma aplicação de voz é sensível ao atraso. Numa rede IP não é possível garantir um atraso constante, o que pode tornar uma aplicação de voz em tempo real, como por exemplo uma ligação telefónica, num serviço de baixa qualidade, com a voz cortada e muitas vezes imperceptível. Por outras palavras, a grande diferença entre as aplicações de dados, excluindo-se multimédia, e as de voz é a incapacidade de uma rede oferecer atraso constante a uma aplicação de voz *on-line*, como é o caso de uma ligação telefónica, causando desta forma atrasos indesejáveis para os utilizadores.

Existiram, fundamentalmente, três factores importantes que contribuíram para o crescimento da tecnologia VoIP:

- O desenvolvimento e estabilidade de protocolos *standards* que permitem QoS em redes IP;
- O desenvolvimento acelerado de métodos de compressão de voz;
- A explosão da Internet.

Independente da tecnologia adoptada, o movimento de integração entre voz e dados na mesma infra-estrutura de rede já era há alguns anos esperado. As vantagens são claras, pois os custos envolvidos na manutenção de equipas técnicas, infra-estruturas diferenciadas e ligações internacionais são reduzidos com a integração. O aumento do leque de novas aplicações, da disseminação de computadores pessoais (para funcionamento como terminais multimédia), das redes IP e da banda de transmissão disponível para o utilizador, contribuíram em muito para que o VoIP se tornasse uma realidade.

Contudo, a diferença de preço entre um telefone convencional e um equipamento para uso de VoIP ainda é um forte factor limitador para o uso desta última solução em larga escala. Além disso, a alta disponibilidade da rede telefónica convencional, aliada à falta de qualidade de serviço e de fiabilidade da rede, originalmente herdada do IP, são aspectos de peso na comparação entre os ambientes existentes e o VoIP.

Apesar de tais desvantagens, e devido aos enormes benefícios introduzidos pela integração entre telefonia e IP, a mudança de cenário de comunicação de voz e dados actual para uma realidade integrada em larga escala na qual os meios de transmissão deverão servir aos dois “mundos” de forma transparente ao utilizador, é uma realidade apetecível.

2.4 Características do VoIP

Voz sobre IP é um conceito relativamente simples que consiste em transformar a voz em mais uma aplicação IP dentro de uma rede de dados que utilize como protocolo de nível de rede o IP. Aliás, é esta simplicidade que permite transmitir dados e voz dentro de uma mesma rede, completamente anárquica e dispersa, a custos relativamente baixos.

2.4.1 Qualidade de Voz

Fornecer um nível de qualidade, pelo menos idêntico ao nível das companhias telefónicas, é visto como uma exigência básica, embora alguns especialistas afirmem que a qualidade depende do custo e da expectativa dos utilizadores. Embora a qualidade de serviço normalmente se refira à fidelidade da voz e da transmissão de fax, também

pode ser aplicada à disponibilidade da rede, de funções do telefone, tais como conferências, indicador de chamada no visor e desvio de chamadas, e, por fim, à escalabilidade.

Nas ligações telefónicas tradicionais, para cada chamada é estabelecido um circuito a ligar os dois extremos da ligação com uma largura de banda fixa. No entanto, esta solução implica um desperdício enorme da rede, pois a largura de banda afecta a cada canal não é utilizada do modo mais eficiente.

A mudança do paradigma da rede baseada em circuitos para rede baseada em pacotes trouxe novos desafios. A Internet em termos de qualidade de serviço é “*best effort*”, logo é necessário aplicar um conjunto de técnicas para compensar esta lacuna. A voz sobre IP, pelo contrário, partilha o canal de comunicação com outras aplicações, que geram diferentes tipos de tráfego, como o tráfego Internet. Deste modo, há que manter uma qualidade de serviço adequada, de modo a que a qualidade perceptível pelo utilizador se mantenha. Existem vários factores que determinam a QoS de um serviço de voz, dos quais podemos destacar a latência, o *jitter*, a perda de pacotes e a disponibilidade:

- **Latência.** É o tempo que um pacote de dados demora a chegar de um ponto a outro, ou seja, o tempo gasto por um pacote para sair da origem e chegar ao destino, sendo o somatório dos atrasos inseridos pela rede e pelos equipamentos, como ilustrado na figura 5 [Gomes, 2004]. Para que uma conversa de duas ou mais pessoas seja perceptível é necessário que essa latência não seja superior a 150ms em cada sentido³⁴. Para valores superiores a este intervalo de tempo, as vozes dos intervenientes acabam por se sobrepor, até a conversa se tornar praticamente impraticável. Numa rede de dados, a latência é obtida pela soma das várias latências ao longo do trajecto que os pacotes de dados seguirem. É constituída por uma parte fixa, como a latência da aplicação de VoIP (incluindo o *codec*) e a propagação no meio físico, e por uma parte variável, como a espera nas filas do equipamento activo de rede, tais como os *routers* e *gateways*, e a disputa do meio com outro tráfego. O atraso de propagação depende do meio físico, sendo normalmente de 10ms/1000km.

³⁴ De acordo com a recomendação da *International Telecommunication Union's Telecommunication branch's* – ITU-T's G.114.

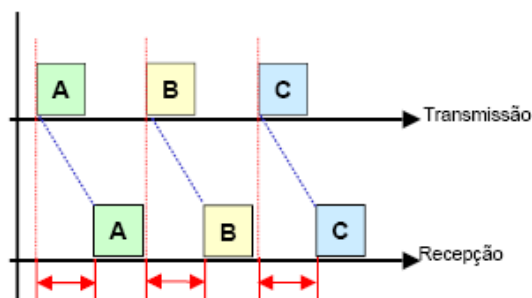


Figura 5 – Latência de pacotes [Gomes, 2004]

- **Jitter.** É a medida de variação da latência entre pacotes de dados sucessivos, ou seja, é a variação no atraso da transmissão da informação devido às variações no tráfego e a alterações nos *routers*, como se pode observar na figura 6 [Gomes, 2004]. Este aspecto é crítico para aplicações de voz e vídeo, pois um *jitter* elevado produz uma recepção não regular de pacotes de dados, inviabilizando uma conversa normal que espera uma sucessão de pacotes a um ritmo constante. Este ritmo deve, idealmente, ser igual àquele a que os pacotes são gerados no emissor. Embora na maioria das vezes o cenário ideal não possa ser obtido, o *jitter* deve, pelo menos, ter uma gama de variação limitada, de modo a permitir uma gestão controlada por parte das aplicações existentes nos extremos da comunicação.

Uma das formas de minimizar o impacto do *jitter* é a utilização de um *buffer*. A remoção do efeito *jitter* requer que os pacotes sejam armazenados por tempo suficiente em *buffers*. Porém, isso gera atrasos na transmissão, que geram igualmente problemas de qualidade de voz. Um *buffer* armazena pacotes de dados à medida que eles chegam, enviando-os para a aplicação/circuito numa cadência fixa. Ao mesmo tempo, o *buffer* de *jitter* pode proceder ao reordenamento de alguns dos pacotes, caso o protocolo utilizado o permita, como por exemplo o RTP. Devido ao facto deste *buffer* adicional implicar uma latência suplementar, deve ser especificado de modo a que a soma total de latências não ultrapasse os 150ms³⁵ referidos anteriormente, tendo muitas vezes um valor perto de 50ms. Deve-se, assim, encontrar um ponto de equilíbrio na configuração desses atrasos. Para diminuir a compensação de *jitter* é necessário atribuir prioridade aos pacotes de voz em relação aos pacotes de dados das aplicações. Com o uso do campo de prioridade do protocolo IP, TOS – *Type of*

³⁵ Segundo recomendação da ITU-T G.131

Service, deve-se fragmentar os pacotes maiores nas ligações de baixa velocidade, pois os pacotes com MTU³⁶ máximo ficam demasiado tempo nas filas dos *routers* [Tanenbaum, 2003].

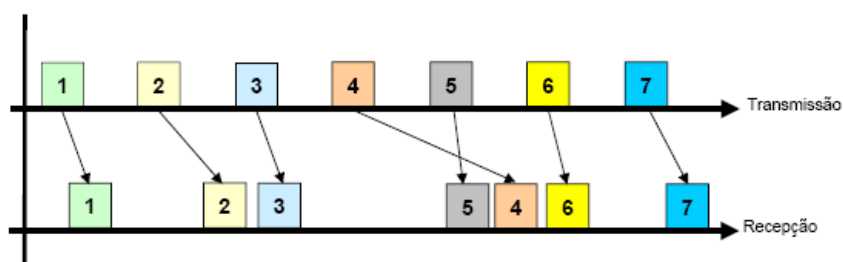


Figura 6 – Variação da latência entre pacotes (*jitter*) [Gomes, 2004]

- Perda de pacotes.** O número de pacotes de dados perdidos na rede, quer devido a erros motivados pelo meio físico, quer devido a políticas de eliminação de pacotes por excesso de tráfego na rede, quer ainda por erros na tecnologia de transporte, influencia negativamente qualquer transmissão de dados, e implica uma perda de qualidade para a aplicação, sendo os limites toleráveis distintos de aplicação para aplicação. Embora o TCP possua mecanismos de retransmissão, o atraso inserido impede o seu uso em aplicações de tempo real. No entanto, uma aplicação em tempo real, como a proporcionada pelo VoIP, tem a desvantagem de não permitir que um pacote possa ser reenviado em caso de erro, pois quando este finalmente chegasse, o seu tempo certo já teria passado. Por outro lado, estas aplicações também não são tão sensíveis à perda de pacotes de dados como as aplicações de dados tradicionais tais como a transmissão de ficheiros, visto que a perda de uma baixa percentagem de pacotes de dados não afecta significativamente a qualidade da comunicação. A interpolação entre pacotes é uma solução encontrada para solucionar o problema de perda de pacotes, uma vez que a qualidade de voz é sensível ao tempo de entrega dos pacotes. No entanto, perdas de pacotes superiores a 10% não devem ser toleráveis.
- Disponibilidade.** Por fim, a disponibilidade representa a garantia do transporte das informações pela rede ao longo do tempo. Pode ser melhorada com investimentos em rotas alternativas e equipamentos de *backup*.

³⁶ MTU (*Maximum Transmit Unit* ou Unidade Máxima de Transmissão) é o valor máximo especificado de um pacote ou *frame* (expresso em Bytes) para transmissão numa rede baseada em pacotes (tal como a Internet)

A manutenção da qualidade de voz aceitável, apesar de variações inevitáveis em desempenho da rede (como o congestionamento ou falhas nas ligações), é alcançada recorrendo a técnicas como a compressão, a supressão de silêncio e a qualidade de serviço nas redes de transporte. Na década de 1990, vários avanços foram alcançados no processamento de sinal, no desenvolvimento de poderosos *routers/switchs* de rede e protocolos baseados em QoS.

A técnica de supressão de silêncio, ilustrada na figura 3, que suprime a transferência de pausas, respirações e outros períodos de silêncio, podendo chegar aos 50% do tempo de uma chamada normal, economiza substancialmente a largura de banda de transmissão [Vinodkrishnan, 2000]. Como a falta de pacotes é considerado silêncio absoluto, é necessária uma função para adicionar um “ruído de conforto” na transmissão.

2.4.2 Vantagens do VoIP

As vantagens da utilização da tecnologia VoIP são várias, nomeadamente:

- Partilha da rede para o tráfego de voz com o tráfego de dados;
- Unificação de redes de transporte, sinalização e gestão sobre a mesma rede, com economia de infra-estrutura e respectiva manutenção;
- Meio de transmissão de baixo custo quando comparado com o sistema telefónico convencional;
- Possibilidade de compactação e supressão de silêncio, reduzindo a largura de banda utilizada;
- Utilização da rede já instalada;
- Capacidade de oferecer outros serviços, tais como correio de voz e *call-center* via Internet, entre outros;
- Possibilidade de uso de diversos serviços como *e-mail*, fax, voz, *Web*, com o auxílio de reconhecimento e síntese de voz.

Em particular, a grande vantagem do uso do VoIP reside no baixo custo das chamadas telefónicas, em especial as de longa distância. A nível empresarial, apesar das ligações de longa distância realmente estarem a promover o uso do VoIP, as razões pelas quais as companhias são atraídas incluem a facilidade de criação de serviços e a consolidação das suas redes.

A principal vantagem do VoIP sobre a rede telefónica pública comutada é a facilidade de adição de novos serviços e funcionalidades, assim como a significativa diminuição dos custos de implantação e manutenção por parte das companhias telefónicas. Por

exemplo, pode-se criar uma videoconferência pela definição de como o fluxo de vídeo é codificado e decodificado.

A segunda grande vantagem do VoIP sobre a rede telefónica pública, consiste na consolidação das redes de dados. Actualmente, as organizações mantêm duas redes, uma para voz e outra para dados. Como as redes de voz são mais dispendiosas que as de dados, o uso de VoIP, ao eliminar a rede de voz, proporciona uma grande redução de custos. Pode-se ainda prever a integração de diversos serviços sobre o sistema telefónico, utilizando tecnologias agregadas como reconhecimento e síntese de voz. Por exemplo, é possível ouvir todas as mensagens de correio electrónico recebidas por um telefone convencional utilizando a síntese de voz e transmissão sobre IP para que estas mensagens cheguem via telefone. Desta forma, serviços como fax, Web e outros podem ser acedidos através de telefones comuns. Será possível também a unificação das três redes hoje existentes para manutenção do sistema telefónico: a rede de transporte de voz, a rede de sinalização e a rede de gestão. Estas redes possuem actualmente infra-estruturas independentes e muitas vezes assentam sobre redes físicas diferentes. Com o uso do VoIP unificam-se todas estas redes sobre a mesma infra-estrutura utilizando sempre o mesmo protocolo de rede, o IP.

Um engano muito comum referente ao VoIP é a qualidade final de transmissão de voz. Se a rede estiver sobrecarregada, podem ser inseridos atrasos que podem prejudicar a qualidade final da voz. Contudo, se o VoIP é usado numa rede privada dedicada, a qualidade final de voz está muito próxima do nível escolhido e desejado pelos utilizadores.

2.4.3 Desvantagens do VoIP

Uma pesquisa a 3.500 empresas americanas, realizada pela Forrester³⁷, revelou três desvantagens no uso desta tecnologia, nomeadamente:

- **Voz metalizada** – sem um sofisticado mecanismo de qualidade de serviço, que garanta uma largura de banda dedicada para as chamadas de voz, os utilizadores experimentam um som metalizado na comunicação.
- **Fiabilidade reduzida comparativamente aos actuais PBX** – tradicionalmente os PBXs empresariais possuem uma fiabilidade idêntica à dos equipamentos telefónicos, ou seja, o seu MTBF (*Mean Time Between Failures* ou tempo médio entre falhas) é elevadíssimo. O mesmo não ocorre com os equipamentos

³⁷ Disponível em <http://www.forrester.com>

que suportam o VoIP, já que muito deles são baseados em *hardware* (computadores pessoais), com a fiabilidade correspondente ao sistema operativo MS Windows da Microsoft.

- **Grandes investimentos sem correspondente redução de custos** – para estender o VoIP a toda a empresa é necessário investir em *gateways* em todos os pontos. Em contrapartida, a redução de custos não oferece um ROI (Retorno do Investimento) atraente.

Outra questão, embora secundária, é o facto do destinatário não saber qual é o telefone real, nem o local exacto de onde o emissor está a telefonar, pois o sistema transporta a chamada pela Internet e daí transmite-a para a rede telefónica convencional. Não obstante, tal facto pode gerar mal entendidos.

Apesar de tais desvantagens, e devido aos enormes benefícios introduzidos pela integração entre telefonia e IP, a mudança de cenário de comunicação de voz e dados actual para uma realidade integrada em larga escala em que os meios de transmissão deverão servir os dois “mundos” de forma transparente para o utilizador, é uma realidade almejada.

2.5 Codificadores usados em VoIP

A telefonia analógica utiliza frequências que são captadas pelo ouvido humano entre 300Hz a 3400Hz. Assim, e para digitalizar tais sinais, é necessário realizar um processo de amostragem, respeitando o Teorema de *Nyquist*, que dita que é necessário amostrar o sinal analógico a uma frequência de amostragem de pelo menos 2 vezes a frequência do sinal analógico, e em que cada amostra pode ser codificada utilizando 8 bits, ou seja, 256 passos de quantificação a cada 125 μ sec.

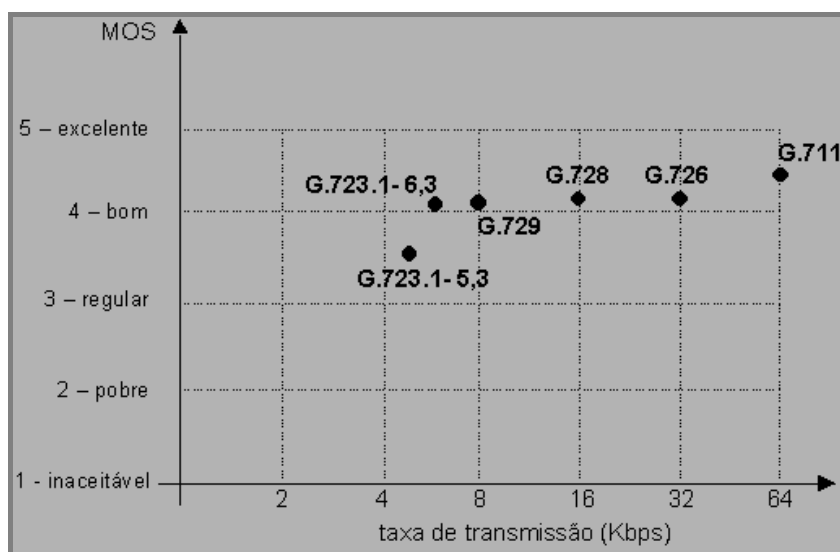
A codificação da voz é feita por *codecs* que, para além de converterem os sons analógicos em digitais e vice-versa, em geral também efectuem compressão e descompressão do sinal digital, de modo a reduzir o débito final do sinal codificado. Estas técnicas de compressão devem, para isso, operar em tempo real, devido a características do próprio serviço, como a comunicação interactiva. A compressão de sinais é baseada em técnicas de processamento que eliminam informação redundante, ou mesmo desnecessária, e supressão de silêncio. Na compressão pode existir, ou não, perda de informação, dependendo principalmente do tipo de método utilizado. Existem várias entidades responsáveis por normalizar os codificadores de áudio e vídeo, tais

como a ITU, a ISO (*International Organization for Standardization*), a TIA (*Telecommunication Industries Association*) e o IETF.

Os mecanismos de compressão de voz visam a optimização da utilização da largura de banda para a sua transmissão. Os algoritmos de compressão de voz são normalizados pelo ITU, através das recomendações da série G.7xx. Os mecanismos executados pelos *codecs* podem ser executados por circuitos integrados especializados (DSP – *Digital Signal Processor*) e dedicados ao processamento dos sinais de voz com a sua conversão analógica para digital [Alcatel, 2002].

Cada um dos diversos algoritmos de compressão possui características de desempenho intrínsecas, tais como qualidade subjectiva da voz (MOS - *Mean Opinion Score*), atraso de processamento dos sinais de voz (atraso de compressão da voz) e taxa de produção das amostras digitais de voz. O MOS (consultar tabela 1) é obtido através de testes, em que um conjunto de ouvintes avalia a qualidade da voz numa escala de 1 (baixo) a 5 (alto) [Hardy, 2003].

Tabela 1 – MOS (Mean Opinion Score)



Os métodos de compressão de voz mais utilizados são os seguintes [Hardy, 2003]:

- **PCM:** *Pulse Code Modulation* é um formato de codificação digital de áudio que não usa compressão. Cada amostra é representada por uma palavra de código. Alguns outros formatos PCM como mu-law e A-law promovem um certo grau de compressão, representando com 8 bits por amostra o que seria representado por 14 bits. A 8 KHz, 8 bits por amostra e 1 canal, as técnicas de compressão digital de áudio PCM mu-law e A-law, requerem uma banda passante de 64kbps.

- **ADPCM:** *Adaptative Differential Pulse Code Modulation* é uma técnica de compressão digital de áudio que utiliza o método das amostras adjacentes, ou seja, calcula a diferença entre cada amostra e codifica-a. Com isso assegura uma taxa de compressão de 2:1 em relação ao PCM.
- **LPC:** *Linear Predictive Coding* é um método de compressão digital designado especificamente para voz, adaptando o sinal de voz por um modelo analítico para a transmissão e depois descodifica para gerar uma voz sintética similar à original.
- **CELP:** *Code Excited Linear Prediction* é um método de compressão digital designado especificamente para voz, semelhante a um codificador LPC, mas com uma qualidade superior, pois calcula e transmite o erro. A recomendação ITU-T G.728 usa uma variação do CELP, LD-CELP, que requer uma banda passante de 16 Kbps e é computacionalmente um pouco mais complexa, exigindo *hardware* especial.
- **MP-MLQ:** o *Multi Pulse – Multi Level Quantization* permite compressão a taxas de 6,4 Kbps com qualidade comercial – recomendação G.723.1.

O salto para o mundo digital na área do vídeo ganhou força com o aparecimento das primeiras normas internacionais, nomeadamente a norma ITU-T H.261, em 1990, para codificação de sinais de videoconferência, a norma ISO MPEG-1, em 1991, para codificação de sinais de vídeo gravados em suportes CD-ROM, e finalmente a norma ISO MPEG-2, em 1993, para a codificação de vídeo digital para DVD e televisão de média e alta definição.

Actualmente, para codificar o sinal áudio em tempo real, alguns dos codificadores mais conhecidos são o ITU-T G.711, o ITU-T G.722, o ITU-T G.726, o ITU-T G.723, o ITU-T G.728, o ITU-T G.729, o CELP, o GSM e o MPEG-Áudio. Já para a codificação de vídeo em tempo real, utilizam-se normalmente os codificadores H.261, H.262, H.263 e MPEG. O objectivo do codificador de voz é reduzir a taxa de transmissão de bits, ao mesmo tempo em que mantém o máximo possível de qualidade subjectiva original do sinal.

Na tabela 2 estão ilustrados alguns dos *codecs* mais usados actualmente, indicando-se a técnica de codificação utilizada, o débito binário gerado, o atraso de empacotamento e a qualidade da voz medida através do parâmetro MOS, definida pelo ITU-T na recomendação P.800.

Tabela 2 – Tipos de *codecs*

Codec	Técnica de compressão	Ritmo (kbps)	Atraso de codificação (ms)	MOS
Linear	Linear - Sem compressão	128	0,125	4,5
G.711u/A	PCM - Pulse Code Modulation	64	0,125	4,1
G.726-32	ADPCM - Adaptive Diferencial PCM (16, 24, 32 40 Kbps)	32	0,125	3,8
G.728	LD-CELP - Low-Delay Code-Excited Linear- Prediction	16	3-5	3,6
G.729A	CS-ACELP - Conjugate-Structure Algebraic-Code-Excited Linear- Prediction	8	10	3,7
G.723.1	MP-MLQ	6,3	30	3,6
G.723.1	ACELP Algebraic-Code-Excited Linear- Prediction	5,3	30	3,1 ?

Como se pode observar na tabela 2, os *codecs* de baixo débito como o G.729A e o G.723.1 utilizam uma reduzida largura de banda, mas têm em contrapartida uma menor qualidade, traduzida por valores mais baixos de MOS e apresentam tempos de codificação mais elevados.

Podemos descrever sumariamente alguns codificadores de voz normalizados do seguinte modo:

- **ITU-T G.711:** o sinal de voz é amostrado a uma frequência de 8 KHz e codificado com 8 bits recorrendo a codificações logarítmicas a-law ou μ -law. Este codificador ocupa uma largura de banda de 64 Kbps (8bits/125 μ s) e provoca atrasos constantes. Não tem supressão de silêncio.
- **ITU-T G.723.1:** é uma combinação dos codificadores G.721 e G.723 produzindo níveis de compressão de voz de 20:1 e 24:1, conforme o algoritmo esteja configurado para gerar taxas de 5,3 Kbps (158bits/30ms) ou 6,3 (189bits/30ms) respectivamente. A única diferença entre estas duas taxas de transmissão é ao nível do processamento exigido para a compressão da informação. Devido à sua baixa taxa de transferência é ideal para fazer a interligação entre a tecnologia VoIP e a telefonia tradicional. Tem supressão de silêncio.
- **ITU-T G.726:** é uma especificação *standard* do ITU para codificar voz ADPCM actuando na faixa dos 16 a 40 Kbps. Este *codec* usa o método ADPCM e, tal como o G.711, tem as suas raízes na rede PSTN. Enquanto o G.711 usa 64 Kbps, o G.726 usa 32 Kbps, fornecendo aproximadamente a mesma qualidade sendo, inclusivamente, o *codec* normalizado que é utilizado em dispositivos que utilizam o Serviço Móvel Terrestre – Telecomunicações

Digitais Europeias sem Fios (DECT - *Digital Enhanced Cordless Telecommunications*).

- **ITU-T G.728:** o áudio G.728 surge com uma opção para sistemas com baixas taxas de transmissão, consumindo apenas 16 Kbps de banda (8000 amostras/segundo). Existe o G.728 G com um débito binário ou *bit rate* de 16Kbps e o G.728 I (PLC). Estes codificadores são baseados no princípio *Low Delay-Code Excited Linear Prediction* (LD-CELP) e são utilizados em aplicações com atrasos mínimos.
- **ITU G.729:** é utilizado para compressão de voz e supressão de silêncio de um sinal digital. Consegue converter um sinal PCM de entrada de 64 Kbps num de saída de 8 Kbps e usa uma codificação do tipo ACELP – *Algebraic Code Excited Linear Prediction*.

2.6 Protocolos relevantes

O estabelecimento de sessões consiste na reserva de canais de comunicação para a transmissão de dados. Para isso, as partes envolvidas devem trocar informações, negociando os principais atributos envolvidos na comunicação, tais como, entre outros, a reserva de portas, endereço remoto e tipo de dados suportados.

2.6.1 Os modelos OSI e TCP/IP

Actualmente, o protocolo TCP/IP é a designação que se atribui à família de protocolos utilizados pela Internet. Contudo, tudo começou há mais de 20 anos, mais concretamente em 1973, pela mão de Vinton Cerf, numa altura em que existia somente o conceito de TCP (sem a separação do IP). Em 1974, Cerf e Kahn publicaram o RFC 675 onde se detalhava este protocolo. Somente em 1978 o IP se separou do TCP através da criação do RFC 760 para o TCP e do RFC 761 para o IP, originando o protocolo TCP/IP. Oficialmente, esta família de protocolos é designada por modelo de referência TCP/IP, devido aos seus dois protocolos mais importantes serem o TCP e o IP, tendo sido adoptado pela DARPA, no Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD), como protocolo preferencial para a ARPAnet. Mais tarde, em 1983, todos os *sites* ligados à ARPAnet mudaram para o TCP/IP [Jain et. al., 2003]. Este protocolo foi desenvolvido para permitir aos computadores partilharem recursos numa rede. Toda a família de protocolos inclui um conjunto de normas que especificam os detalhes da

comunicação entre computadores, bem como convenções para interligar redes e reencaminhar o tráfego.

Por outro lado, a ISO (*International Organization for Standardization*) desenvolveu o modelo OSI em meados de 1980, e é actualmente a norma para o desenvolvimento de protocolos que permitam a comunicação entre computadores. Este modelo divide a comunicação entre máquinas em 7 camadas, sendo cada uma responsável por comunicar apenas com a camada correspondente na outra máquina.

Na tabela 3 é possível observar a diferença entre estes dois modelos e os respectivos protocolos inerentes a cada camada.

Tabela 3 – Modelos OSI e TCP/IP

Modelo OSI	PROTOCOLOS			Modelo TCP/IP
Aplicação	FTP, Telnet, SMTP, SNMP	NFS		Aplicação
Apresentação		XDR		
Sessão		RPC		
Transporte	TCP, UDP			Transporte
Rede	Protocolos de Routing	IP		Internet
Ligação	ARP, RARP		Rede	
Físico	Não especificados			

Camada de Aplicação – é a camada com que a maioria dos utilizadores está familiarizada através de aplicações tais como o correio electrónico, os *browsers Web* e os processadores de texto.

Camada de Apresentação – garante que a informação enviada pela camada de aplicação de um determinado sistema está pronta a ser enviada para outro sistema. Quando necessário, a camada de apresentação, transforma, entre os vários formatos de informação, usando um formato de representação comum.

Camada de Sessão – estabelece, gere e termina as sessões entre as aplicações. Sessões consistem num diálogo entre duas ou mais entidades de apresentação. A camada de sessão sincroniza o diálogo entre as camadas de apresentação e gere a troca de informação.

Camada de Transporte – é responsável por garantir o transporte seguro dos dados na rede. Essa garantia é feita à custa do controlo de fluxo, validação de erros (*checksum*), validações ponto a ponto e também com validações de sequência dos dados.

Camada de Rede – disponibiliza o endereçamento lógico, o que permite que dois sistemas diferentes em redes diferentes determinem os caminhos possíveis para

comunicar. É na camada de rede que estão os protocolos de endereçamento, nomeadamente:

- IGRP (*Interior Gateway Routing Protocol*)
- EIGRP (*Enhanced IGRP*)
- OSPF (*Open Shortest Path First*)
- BGP (*Border Gateway Protocol*)

Camada de Ligação – disponibiliza o transporte seguro dos dados sobre a ligação física. A camada de ligação tem o seu próprio esquema de endereçamento, que está relacionado com a conectividade física, o que permite transportar os pedaços de informação baseado no seu endereço de ligação.

Camada Física – está relacionada com a criação de zeros e uns no meio físico recorrendo a impulsos eléctricos ou a alterações de tensão eléctrica.

Desde a sua concepção, o protocolo IP foi desenvolvido e implementado como um protocolo de comunicação sem qualquer mecanismo de qualidade de serviço, pois, na altura, ninguém imaginava que a Internet se tornaria na grande rede mundial que é actualmente. E, desse rápido crescimento da Internet, a tendência actual é a integração de voz (telefonía) e dados numa única infra-estrutura de redes de pacotes IP.

O TCP é o protocolo da camada de transporte, que oferece um serviço fiável e orientado à conexão. Actualmente, o TCP/IP está presente na maioria dos sistemas operativos e é utilizado por muitas empresas numa grande variedade de aplicações, sendo um protocolo de comunicação de dados projectado para aplicações não sensíveis ao atraso, tais como o correio electrónico, a World Wide Web e o FTP.

A arquitectura do TCP/IP incorpora alguns protocolos que fornecem diversos serviços, nomeadamente:

- O IP aceita dados segmentados, denominados *Protocol Data Units* ou PDUs, através de um *host* e envia-os pela Internet através de *gateways* até ao destino. A entrega não é fiável porque alguns PDUs nunca chegam ao destino;
- O TCP fornece mecanismos de transporte que garantem a entrega livre de erros, sem perdas ou duplicação, e a reconstituição de PDUs para corresponder à ordem enviada. O TCP gere a transferência entre dois processos designados por *transport users*. Permite a multiplexação, a gestão de conexões, o transporte de dados, e o registo de erros, entre outras;

- O UDP opera ao mesmo nível que o TCP, mas de forma mais rápida, porque exclui os recursos de fiabilidade inerentes ao TCP, sendo adequado para aplicações orientadas para transacções;
- O *File Transfer Protocol* (FTP) foi projectado para transmitir ficheiros de um sistema para outro, utilizando o TCP, através da interface do sistema operativo. Os ficheiros transferidos podem usar o conjunto de caracteres ASCII, bem como incluir algumas opções de compressão de dados e mecanismos de identificação de senhas para controlo de acesso;
- O *Simple Mail Transfer Protocol* (SMTP) fornece o mecanismo, mas não a interface gráfica, para o correio electrónico de rede. O protocolo permite que os utilizadores enviem correspondência quer de uma rede local quer da Internet;
- O Protocolo *TELNET* fornece um padrão de emulação de terminal, permitindo que terminais se liguem e controlem aplicações operando num sistema remoto como se se tratasse de um utilizador local. Dispõe de um módulo de utilizador para traduzir códigos de terminais em código específicos de rede e de um módulo de servidor para interagir com processos e aplicações e conduzir terminais;
- O *Simple Network Management Protocol* (SNMP) é um protocolo que suporta a troca de mensagens de gestão de rede entre computadores. Os terminais podem incluir um centro de gestão de rede, às vezes denominado de computador central. O SNMP é projectado para funcionar sobre o UDP;
- O *Hyper-Text Transfer Protocol* (HTTP) é o protocolo que define como os programas de navegação na WWW e respectivos servidores devem interagir de maneira a transferirem ficheiros na Web.

Assim como o TCP, outro protocolo da camada de transporte é o UDP, sem conexão e, por consequência, não fiável. Este protocolo, UDP, é restringido a portas e *sockets*, e transmite os dados de forma não orientada à conexão, permitindo uma interface para o protocolo IP. Este protocolo substitui o protocolo TCP quando a transferência de dados não necessita de estar submetida a serviços como o controlo de fluxo. A função básica do UDP é servir de multiplexador/demultiplexador para o tráfego de informação do IP.

2.6.2 Norma H.323

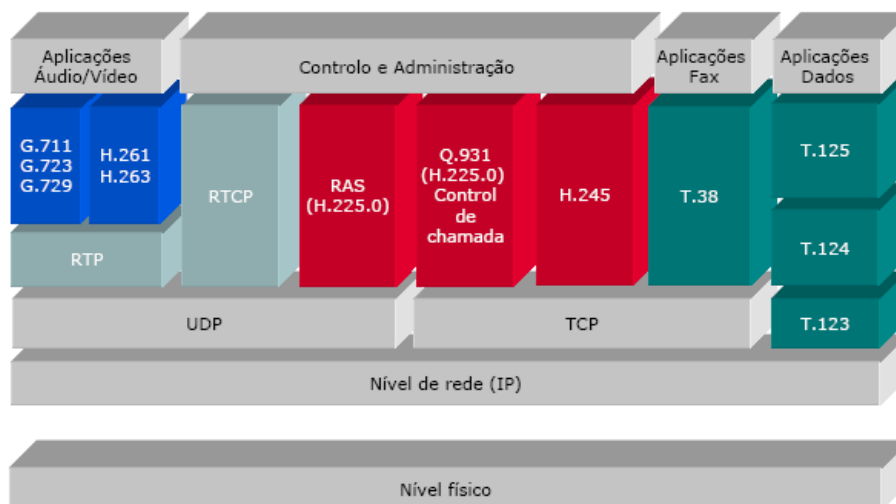
O H.323 é uma recomendação (normalizada) da ITU, organismo que, como se mencionou atrás, define normas para redes de computadores e telecomunicações. Estas redes incluem o TCP/IP sobre *Ethernet*, *Fast Ethernet* e *Token Ring*.

A especificação H.323 foi aprovada em 1996 pelo Grupo de estudos 16 do ITU e a sua versão 2 foi aprovada em Janeiro de 1998, fazendo parte de uma série normas de comunicações que permitem videoconferência e VoIP através de redes. Esta norma descreve o modo como o áudio, o vídeo, os dados e a informação de controlo podem ser geridos numa rede baseada em pacotes para disponibilizar serviços de conversação em equipamentos H.323. Permite também que produtos multimédia e aplicações de fabricantes diferentes possam comunicar entre si de forma eficiente e que os utilizadores possam comunicar sem preocupação com a velocidade da rede [H.323, 1996].

A recomendação H.323 tem como uma das suas características a flexibilidade, pois pode ser aplicada tanto à voz como à videoconferência ou multimédia. As aplicações H.323 são populares no mercado empresarial por várias razões, sendo de realçar as seguintes:

- O H.323 define padrões de voz para uma infra-estrutura existente, além de ser projectada para compensar o efeito de latência em LANs, permitindo que os clientes possam usar aplicações de voz sem mudar a infra-estrutura de rede;
- As redes baseadas em IP estão a ficar mais rápidas, com velocidades que atingem o Gigabit;
- O H.323 fornece padrões de interoperabilidade entre LANs e outras redes;
- O fluxo de dados em redes pode ser administrado. Com o H.323, o gestor de rede pode restringir a quantidade de largura de banda disponível para conferências e voz. O suporte à comunicação *multicast* também reduz exigências de largura de banda;
- A especificação H.323 tem o apoio de muitas empresas de comunicação e organizações, incluindo a Intel, Microsoft, Cisco e IBM. Os esforços destas companhias estão a gerar um nível mais alto de consciência no mercado.

Tabela 4 – Arquitectura protocolar do H.323 [Sousa, 2003]



A ITU-T propôs o padrão H.323, sendo o mais difundido actualmente, especialmente por ser o precursor da telefonia IP, e por ser a primeira norma a tratar deste tema. As principais características desta norma são as seguintes:

- Especifica algoritmos padrão de compressão que devem ser implementados de forma a garantir compatibilidade, conhecidos como áudio *Codecs* ou *vocoders*;
- Cria protocolos utilizados para o controlo da chamada, estabelecimento dos canais de comunicação e negociação de qualidade de serviço;
- Permite a interoperabilidade com outros terminais de voz, como telefonia convencional, RDIS, voz sobre ATM e outros, permitindo assim a construção de *gateways*;
- Descreve os elementos activos do sistema e as respectivas funções.

Como se pode observar nas tabela 4 e 5, o protocolo H.323 utiliza nas suas diversas funcionalidades uma família de recomendações ITU-T, nomeadamente:

- H.225 para estabelecimento de ligações;
- H.235 para segurança e cifra;
- H.245 para controlo;
- H.246 para interoperabilidade com serviços em redes de comutação de circuitos;
- H.320 para videoconferência sobre RDIS;
- H.324 para videoconferência sobre conexões de baixa capacidade (como a PSTN);
- H.332 para conferências de maiores dimensões;
- H.450.x para serviços suplementares.

Tabela 5 – Codecs do H.323

Vídeo		Áudio		Controle			Dados
H.261 H.263		G.711 G.722 G.723 G.728 G.729		H.225 Troca de Sinalização entre Terminal e o Gatekeeper	H.225 Sinalização de chamada	H.245	T-120 Troca de Dados
RTP	RTCP	RTP	RTCP				
UDP					TCP		

Todas estas recomendações fazem parte da série H de recomendações. Verificam-se também, na recomendação H.323, os elementos que compõem uma rede de telefonia IP. Estes elementos podem ser observados pela figura 7 e são definidos da seguinte forma:

- **Terminal H.323** – é um terminal numa rede que permite a interface com o utilizador e a comunicação bidireccional em tempo real com outro terminal H.323, *Gateway* ou *Multipoint Control Unit* (MCU). Esta comunicação consiste na troca de áudio, vídeo e/ou dados em qualquer combinação entre dois terminais. Um terminal H.323 pode ser um telefone IP ou um PC com microfone, altifalantes e câmara de vídeo. Todos os terminais H.323 têm que suportar os protocolos H.245, Q.931, *Registration Admission and Status* (RAS) e RTP, podendo também incluir o protocolo de conferência de dados T.120, codificadores de vídeo e suporte para MCU. Um terminal H.323 pode comunicar com outro terminal, um *gateway* ou um MCU.
- **Gateway H.323** – É o elemento situado entre uma rede IP e outra rede de telecomunicações, tal como PSTN, RDIS ou móvel, de forma a permitir a interoperabilidade entre as duas redes, executando a função de tradução entre diferentes formatos de dados. As *gateways* são opcionais numa LAN onde os terminais comunicam entre si directamente, mas quando os terminais precisam de comunicar com um ponto de uma outra rede, a comunicação faz-se, obrigatoriamente, via *gateway* através dos protocolos H.245 e Q.931. Disponibiliza, ainda, serviços de compressão e empacotamento.
- **Gatekeeper** – É o componente mais importante de um sistema H.323. Executa a função de gestor, actuando como ponto central para todas as chamadas dentro da sua zona (é a agregação do *gatekeeper* e dos terminais registados nela), e

fornece serviços aos pontos finais registrados. Algumas das funcionalidades que os *gatekeepers* fornecem incluem as seguintes:

- Tradução de endereços: tradução de um endereço *alias* (o endereço *alias* fornece um método alternativo de endereçamento de um ponto - pode ser um endereço de e-mail ou um número telefônico) para um endereço de transporte. Isto é feito usando-se uma tabela de tradução que pode ser actualizada através de mensagens de registo;
 - Controlo de admissão: o *gatekeeper* pode permitir ou negar acessos baseados, entre outros, em autorização de chamada ou endereço de fonte e/ou destino;
 - Sinalização da chamada: o *gatekeeper* controla o processo de sinalização entre dois pontos finais que se querem ligar;
 - Autorização de chamada: o *gatekeeper* pode rejeitar chamadas de um terminal devido a falhas de autorização através do uso de sinalização H.225. As razões para a rejeição podem ser acessos restritos durante alguns períodos de tempo ou acessos de certos terminais ou *gateways*;
 - Gestão da largura de banda: controlo do número de terminais que podem aceder simultaneamente à rede. Através do uso da sinalização H.225, o *gatekeeper* pode rejeitar chamadas de um terminal devido à limitação da largura de banda;
 - Gestão da chamada: o *gatekeeper* pode manter uma lista de chamadas H.323 em andamento. Essa informação pode ser necessária para indicar que um terminal chamado está ocupado, e fornecer informações para a função de gestão da largura de banda.
- **Multipoint Control Unit (MCU):** - É um terminal que numa rede H.323 permite que três ou mais terminais e/ou *gateways* participem numa conferência multiponto. Dois terminais podem, contudo, iniciar uma conferência ponto a ponto e mais tarde evoluírem para uma conferência multiponto. Um MCU consiste em duas partes, uma obrigatória, o *Multipoint Controller* (MC), e uma opcional, o *Multipoint Processor* (MP):

- *Multipoint Controller*: é um controlador para conferência multiponto que tem a capacidade de negociação com todos os terminais de modo a obter níveis comuns de comunicação. Pode também controlar recursos numa conferência, como por exemplo saber de quem é uma emissão de vídeo *multicast*;
- *Multipoint Processor*: permite a mistura, comutação e outro tipo de processamento de *streams* sob o controlo de um MC. Permite também o processamento centralizado de *streams* dependendo do tipo de conferência suportada.

Os terminais especificados nesta recomendação fornecem comunicação de áudio e, opcionalmente, dados e vídeo em conexões ponto-a-ponto ou multiponto. A comunicação com outros terminais da série de normas H da ITU é viabilizada através de *gateways*. Os *gatekeepers* controlam a admissão dos terminais e oferecem serviços de tradução de endereços. Em conferências multiponto, o controlo é feito através dos Controladores Multiponto, Processadores Multiponto e Unidades de Controlo Multiponto. É importante salientar que esta recomendação não especifica as interfaces de rede no nível físico ou os protocolos de transporte implementados na rede.

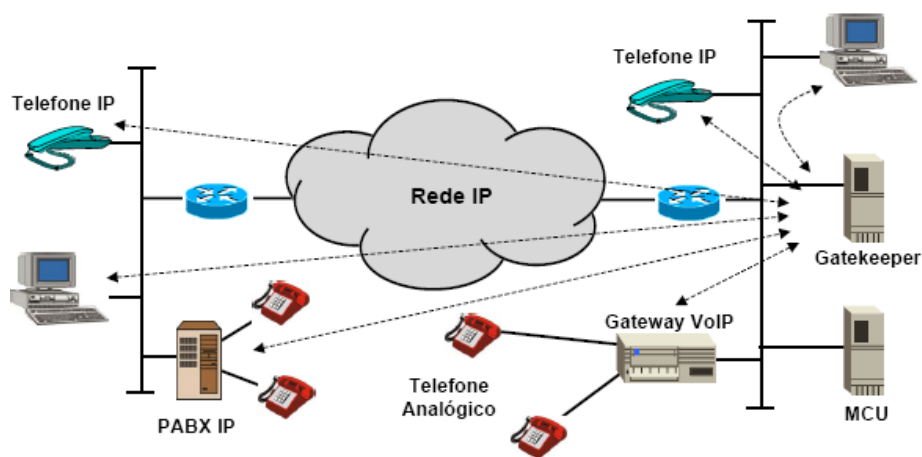


Figura 7 – Componentes existentes na norma H.323 [Gomes, 2004]

Os componentes descritos na norma H.323 (Terminais, *Gateways*, *Gatekeepers*, e MCUs) comunicam entre si através da transmissão de *streams* de informação, isto é, em fluxos de dados transmitidos em sequência. Estes *streams* de informação são formatados e enviados na rede segundo as especificações da norma H.225 e são classificados como vídeo, áudio, dados, controlo de comunicação e chamadas de controlo, tal como se descreve a seguir:

- **Sinal de Áudio:** contém estrutura digitalizada e codificada. Para reduzir a taxa média de sinal de áudio, a activação de voz pode ser fornecida e é acompanhado de um sinal de controlo;
- **Sinal de Vídeo:** contém vídeo digitalizado e codificado. O sinal de vídeo é transmitido a uma taxa que não excede a seleccionada como resultado da capacidade de troca e é acompanhado de um sinal de controlo;
- **Sinal de Dados:** inclui imagens estáticas (tais como ficheiros bitmap correspondentes a fotografias digitais), fax, documentos, ficheiros de computador e outros tipos de dados;
- **Controlo de Comunicação:** são sinais de controlo de dados e são usados na capacidade de transmissão (abrindo e fechando canais lógicos), controlo do modo e outras funções que fazem parte do controlo de comunicação;
- **Controlo de Chamadas:** são sinais usados no estabelecimento de uma chamada, desconexão e outras funções de controlo.

Existem ainda outros componentes que pertencem igualmente à gama de elementos da norma H.323, incluindo os seguintes:

- **Vídeo Codec (H.261):** codifica o vídeo da fonte (por exemplo uma câmara de vídeo composto) para transmissão, e descodifica o código de vídeo recebido que é transmitido ao monitor;
- **Áudio Codec (G.711):** codifica o sinal de áudio oriundo de uma fonte, por exemplo um microfone, para transmissão, e descodifica o sinal recebido que é enviado para a saída de altifalantes;
- **Canal de Dados:** implementa o Quadro de Comunicação, ou *Whiteboard*, transmitindo imagens estáticas, ficheiros de dados e fontes de base de dados;
- **Unidade de Controlo (H.245 – H.225):** fornece sinalização para operação do terminal H.323: sinais de controlo para chamadas, capacidade de transmissão, comandos, indicadores e mensagens para abertura e descrição de canais lógicos;
- **A Camada H.225:** formata a transmissão e a recepção de vídeo, áudio, dados e sinais de controlo dentro das mensagens a serem enviadas e recebidas na rede. Executa a sincronização lógica dos dados enviados e recebidos, uma sequência numérica, detecção e correcção de erros em cada tipo de média.

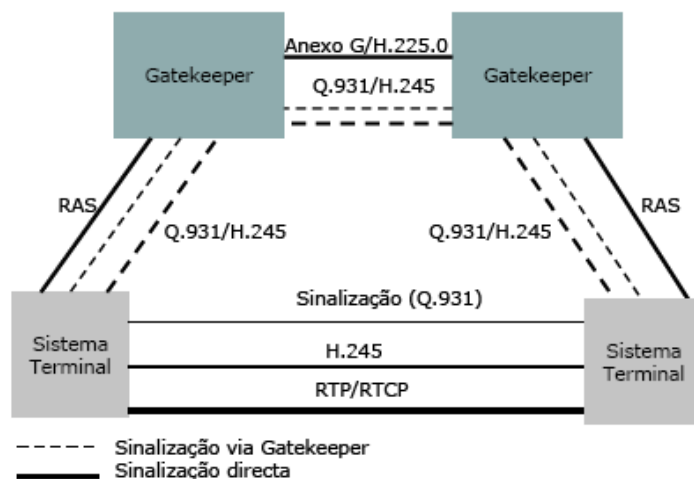


Figura 8 – Troca de mensagens entre entidades H.323 [Michaely, 2000]

As mensagens RAS, definidas na recomendação H.225, permitem a sinalização para as funções de registo, admissão, alteração da largura de banda e procedimentos de libertação de recursos entre terminais e *gatekeepers*. Uma vez estabelecida a chamada, a transmissão dos conteúdos multimédia é iniciada. O transporte de áudio e vídeo é realizado recorrendo ao protocolo RTP, não esquecendo o RTCP para o controlo e monitorização da entrega de dados do RTP. No entanto, também aqui a recomendação H.225 define procedimentos para a formatação e transporte dos pacotes de áudio e vídeo. No estabelecimento de uma sessão básica, o H.323 utiliza três protocolos de controlo, o RAS, o H.225.0/Q.931 e o H.245. A figura 8 descreve a troca de mensagens entre as entidades, numa rede H.323 [Michaely, 2000].

A recomendação H.225 descreve o protocolo de sinalização de chamada usado para o controlo de admissão e estabelecimento de conexões entre dois ou mais terminais. Esta recomendação define também um procedimento (Q.931) usado pelos terminais H.323 para a sinalização de chamadas.

A recomendação H.245 define o protocolo H.245, o qual permite a troca de informação sobre capacidades, negociação de canais e comutação entre diferentes tipos de meios, especificando ainda a sintaxe e a semântica das mensagens, assim como procedimentos para o uso das mensagens na negociação de canais no início e durante a comunicação.

Por fim, a codificação e decodificação de áudio e vídeo, segundo a recomendação H.323, são realizadas recorrendo a vários codificadores. Resumindo, podemos concluir que a recomendação H.323 se baseia num conjunto de protocolos que servem diferentes requisitos e que cooperam entre si, tal como se resume na tabela 6 [Green, 2002].

Tabela 6 – Família de protocolos H.323 [Green, 2002].

Recomendação	Descrição
Codecs de Áudio	
G.711	Pulse Code Modulation (PCM) a 56/64 Kb/s
G.722	7 kHz a 48/56/64 Kb/s
G.723.1	Taxa dupla de codificação: 5.3 e 6.3 Kb/s
G.728	Codificação a 16 Kb/s utilizando o Code-Excited Linear Prediction (CELP)
G.729	Codificação a 8/13 Kb/s utilizando o Conjugate-Structure Algebraic-Code-Excited Linear Prediction (CS-ACELP)
Codecs de Vídeo	
H.261	Para codificação maior que 64 Kb/s
H.263	Para codificação menor que 64 Kb/s
Protocolos de controlo de chamada	
H.225	Protocolo de estabelecimento e controlo de chamada e sincronização dos dados
H.235	Protocolo de segurança (autenticação, integridade, privacidade, etc.)
H.245	Responsável pela comunicação das capacidades dos terminais
Real-Time Transport	
RTP/RTCP	Protocolo responsável pelo transporte e entrega de áudio e vídeo em tempo real
Conferência	
T.120	Protocolo de conferência em tempo real
Serviços suplementares	
H.450.1	Responsável por fornecer serviços suplementares genéricos ao H.323
H.450.2 and 450.3	Responsável por fornecer serviços de chamada em espera, transferência de chamadas, etc.

2.6.3 RTP – Real-Time Transport Protocol

O RTP, definido pelos RFCs 1889 e 1890³⁸ na sua versão 2, tal como o RTCP, é um protocolo normalizado do IETF utilizado para compensar o problema do *jitter* presente em todas as aplicações de tempo real, como por exemplo o *streaming* a pedido e serviços interactivos, tais como a videoconferência ou a telefonia IP. Embora não evite o *jitter* propriamente dito, este protocolo proporciona parâmetros suficientes para que uma aplicação possa compensar os efeitos do mesmo.

O RTP é um protocolo que se situa ao nível da camada de transporte e que fornece serviços extremo-a-extremo às aplicações que transmitam dados em tempo real. Como os fluxos RTP normalmente transportam tráfego de informações em tempo-real é preferível que seja usado o UDP. Os serviços fornecidos pelo RTP incluem a identificação do tipo de dados que são transportados (*payload type*), numeração da sequência (SN) e identificação temporal do pacote. A entrega é monitorizada através do protocolo de controlo RTCP, tal como ilustrado na figura 9.

³⁸ Disponível em <http://www.ietf.org/rfc/rfc1890.txt>

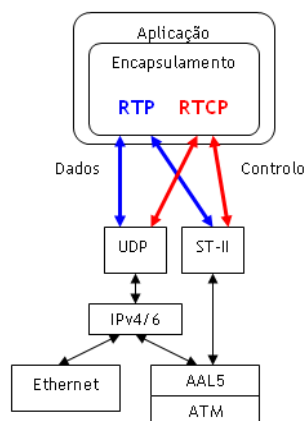


Figura 9 – Protocolo RTP

O RTP não garante nem a reserva de recursos, nem a QoS para serviços em tempo real e apesar de proporcionar entrega extremo-a-extremo, ele não fornece todas as funcionalidades típicas de um protocolo de transporte. Neste sentido, este protocolo pode ser associado com vários protocolos de transporte, mas corre habitualmente em cima do UDP, utilizando as suas capacidade de multiplexagem. Há no entanto, várias implementações de vídeo que correm o RTP em cima do AAL5³⁹ do ATM.

Este protocolo inclui também serviços de reconstrução de *media* com informação temporal, detecção de perdas de pacotes, segurança, monitorização da entrega e identificação de conteúdo. Contudo, a utilização individual deste protocolo não resolve, por si só, o problema da reserva de recursos da rede nem garante a QoS no transporte de dados em tempo real.

O RTP é geralmente usado em conjunto com o UDP, mas pode fazer uso de qualquer protocolo de nível inferior baseado em pacotes. Normalmente, as aplicações correm o RTP sobre o UDP, fazendo uso dos serviços de multiplexagem e *checksum*. Contudo, o RTP é um protocolo independente da camada de transporte subjacente, podendo ser usado sobre o protocolo *Connection Less Network Protocol* (CLNP) ou o *Internetwork Packet Exchange* (IPX), entre outros.

A utilização do RTP sobre UDP ou IP não é fiável, já que estes também não o são. Pode-se, no entanto, recorrer à fiabilidade providenciada por camadas inferiores como o caso das camadas ATM AAL3/4 ou AAL5.

Descreve-se a seguir um conjunto de algumas das funcionalidades que são disponibilizadas pelo RTP, nomeadamente [Schulzrinne et al., 1998]:

³⁹ ATM Adaptation Layer

- Ordenação: caso cheguem pacotes desordenados estes podem ser reordenados pelo destinatário em tempo real. Permite ainda detectar, caso exista, a perda de pacotes e compensá-la sem retransmissões;
- Sincronização intra-*media*: deve ser transmitida a informação sobre o intervalo de tempo entre os instantes em que pacotes sucessivos devem ser decodificados. Por exemplo, quando se utiliza mecanismos de detecção de silêncio não são enviados pacotes durante esse período, no entanto a duração desse silêncio deve ser reconstruída apropriadamente;
- Sincronização inter-*media*: disponibiliza mecanismos que permitem a sincronização de diferentes tipos de *media*. Por exemplo, no caso de uma videoconferência, o áudio digital pode ser reproduzido devidamente sincronizado com o vídeo digital;
- Identificação do *Payload*: permite identificar o tipo de dados que estão a ser transmitidos. Esta propriedade é necessária quando se pretende modificar o codificador do *media* transmitido devido à variação de parâmetros, como sejam a capacidade ou a qualidade do *stream* pretendido;
- Identificação de *frames*: o vídeo e o áudio são enviados em unidades lógicas designadas por *frames*, sendo necessário indicar ao destinatário onde se inicia e termina essa *frame*, de modo a auxiliar a entrega sincronizada a camadas superiores;
- *Multicast* simples: o RTP e o RTCP foram desenvolvidos especificamente para suportarem *multicast*, tanto para pequenos grupos, tais como videoconferência com três participantes, como para a difusão de eventos, tais como emissões de rádio pela Internet;
- Serviços para *media* genéricos de tempo real: podem ser usados outros codificadores de *media*, sendo a informação sobre esses codificadores definida em especificações próprias;
- Misturadores e Tradutores: os misturadores são dispositivos que recebem os *media* de vários utilizadores, misturando-os num único *stream* e possibilitando a alteração do formato do *stream*, que é enviado posteriormente. São úteis para reduzir exigências de largura de banda de um *stream* antes de ser enviado para uma ligação com menor largura de banda, sem que para isso seja necessário

diminuir a taxa da transferência da fonte do *media*. Os tradutores recebem um único *stream* e convertem-no para outro formato;

- Retorno da QoS: o RTCP permite aos destinatários fornecer *feedback* com informação da qualidade de recepção. As fontes de RTP podem usar esta informação para ajustar a taxa de transferência de dados, enquanto os destinatários podem por exemplo determinar se os problemas de qualidade de serviço são da rede local ou de toda a rede;
- Liberdade no controlo da sessão: com o RTCP os participantes podem trocar informação de identificação como o nome, correio electrónico, número de telefone e mensagens curtas;
- Cifra: de modo a garantir privacidade numa sessão, os *streams* de RTP podem ser cifrados usando chaves que são trocadas por algum método não RTP, por exemplo recorrendo aos protocolos SIP ou SDP.

Para controlar e monitorizar a entrega de dados em tempo real feita pelo RTP utiliza-se o protocolo RTCP. Este protocolo disponibiliza ainda *feedback* sobre a qualidade dos dados transportados e permite incluir um identificador ao nível do transporte para a sincronização de áudio e vídeo.

2.6.4 RTCP – Real-Time Control Protocol

A principal função do protocolo RTCP, definido pelos RFCs 1889 e 1890, é, como se afirmou, fornecer *feedback* sobre a qualidade dos dados distribuídos. O RTCP baseia-se na transmissão periódica de pacotes de controlo a todos os participantes na sessão, usando o mesmo mecanismo de distribuição que o utilizado para os pacotes de dados. O RTCP é o protocolo de controlo auxiliar do RTP. O protocolo de suporte UDP deverá permitir multiplexar pacotes de dados e pacotes de controlo, utilizando para tal portos com diferentes números.

Ao RTCP estão atribuídas quatro funções, sendo as primeiras três obrigatórias num ambiente *IP Multicast* [Schulzrinne et al., 2003]:

- A principal função é fornecer *feedback* sobre a qualidade dos dados distribuídos, desempenhada através de relatórios RTCP. Esta função faz parte das funções atribuídas a um protocolo de transporte como é o caso do RTP, e está relacionada com o controlo de congestão e fluxo que podemos encontrar noutros protocolos de transporte. A prática de utilização do RTCP com o *IP Multicast* tem demonstrado a importância da informação de retorno fornecida

pelo RTCP no sentido de se diagnosticarem falhas de distribuição. Cada pacote RTCP contém relatórios emitidos pelos emissores e/ou receptores contendo dados estatísticos. Estes dados incluem, entre outros, o número de pacotes enviados, o número de pacotes perdidos e o *jitter* entre chegadas. Esta informação de qualidade será útil para os emissores, receptores e observadores externos como é o caso dos administradores dos sistemas. Isso é realizado pela monitorização da QoS e pelo controlo de congestionamento. O controlo da informação é útil para os emissores, destinatários e monitores. O emissor pode ajustar a transmissão baseado no relatório de feedback do receptor. Os receptores podem determinar se o congestionamento é local, regional ou global. Os monitores ou gestores da rede podem avaliar o desempenho da rede para uma comunicação *multicast*;

- Uma segunda função do RTCP inclui a distribuição de um identificador ao nível da camada de transporte que é atribuído a cada fonte RTP. Este identificador é designado de *Canonical Name* (CNAME) e está associado aos diferentes *streams* gerados pelo mesmo participante, possibilitando, por exemplo, sincronizar a reprodução de áudio e vídeo e podem incluir o nome do utilizador, o seu telefone, endereço e-mail ou outra informação pertinente;
- A terceira função do RTCP é a de evitar que o tráfego de controlo possa sobrecarregar a rede e permitir que o RTP se adapte a um número elevado de participantes numa sessão, o tráfego de controlo é limitado a um máximo de 5 por cento do total do tráfego de uma sessão. Este limite é definido através do ajuste do ritmo de transmissão de pacotes RTCP em função do número de participantes. Dado que cada participante envia pacotes RTCP para todos os outros intervenientes, ele mesmo saberá em qualquer momento o número total de participantes, podendo desta forma definir o ritmo de envio de pacotes RTCP. As primeiras duas funções requerem que todos os participantes enviem pacotes RTCP. Estes relatórios consomem, normalmente, cerca de 5% da largura de banda ocupada pelo *stream*. É importante notar que é necessário controlar a taxa de envio de pacotes RTCP em relação aos pacotes RTP num cenário de participantes em larga escala a fim de evitar situações de congestão da rede. Neste contexto, a função de sincronização torna-se vital;
- A quarta função, opcional, é a de fornecer informação ao nível do controlo de sessão, como por exemplo a identificação de um participante numa conferência.

Neste âmbito, o RTCP pode servir como canal para atingir todos os intervenientes. Esta última função permite transportar o mínimo de informações de controlo, como por exemplo o transporte da identificação do participante. À medida que o número de participantes aumenta, o número de pacotes RTCP a circular na rede é igualmente incrementado. Esta função é mais adequada em sessões pouco controladas, nas quais os utilizadores entram e saem sem autenticação ou durante a negociação de parâmetros. Se os participantes de uma sessão RTP simplesmente enviam pacotes RTCP num período fixo, a largura de faixa usada num grupo *multicast* poderia crescer linearmente com o tamanho do grupo, o que é indesejável. Ao invés, cada membro da sessão conta o número de outros membros da sessão que ele ouve (através de pacotes RTCP). O período entre pacotes RTCP para cada utilizador é então ajustado para ser linearmente escalonado com o número de membros do grupo.

Todos os participantes numa sessão RTP enviam pacotes RTCP. Os emissores e os destinatários enviam periodicamente pacotes RTCP para o mesmo grupo *multicast*, que podem conter informação sobre a qualidade do serviço para os participantes da sessão, informação sobre a fonte do *stream* que está a ser transmitido, ou estatísticas sobre os dados que já foram transmitidos até ao momento. O RFC 3550 [Schulzrinne et al., 2003] define cinco tipos de pacotes RTCP para controlo de informação, cada um com uma função diferente, nomeadamente:

- **RR:** *Receiver Report* – são gerados pelos participantes da sessão RTP que não são emissores activos. Fornecem *feedback* sobre a qualidade de recepção dos dados enviados, incluindo o número de pacotes perdidos, o número máximo de pacotes recebidos, o *jitter*.
- **SR:** *Sender Report* – são gerados pelo utilizador que está a enviar pacotes (fontes RTP), ou seja, os emissores activos. Adicionalmente ao *feedback* da qualidade de recepção existente nos RR, os SR contêm uma secção do emissor que fornece informação de sincronização entre meios, contador de pacotes e número de bytes enviados;
- **SDES:** *Source Description* – os itens da descrição da fonte são pacotes usados para controlo de sessão que contêm o *Canonical Name* (CNAME), um identificador único global similar em formato de endereço de correio electrónico. Como se viu acima, o CNAME é usado para associar diferentes fluxos de *media* gerados pelo mesmo utilizador. Os pacotes SDES também

identificam o participante através do seu nome, *e-mail* e número telefónico, o que fornece uma forma simples de controlo da sessão. As aplicações cliente podem mostrar as informações de nome e *e-mail* na interface do utilizador possibilitando aos participantes da sessão saber mais sobre os restantes intervenientes;

- **BYE** – quando um utilizador deseja sair, deve incluir a mensagem *BYE*, que indica o fim da sua participação.
- **APP: APplication** – finalmente, os elementos de aplicação APP podem ser utilizados para adicionar informações específicas da aplicação nos pacotes RTCP. É intencionalmente vocacionado para uso experimental assim que novas aplicações e novas funcionalidades vão sendo desenvolvidas.

Resumidamente, um participante ou uma fonte RTP que gera um *stream* envia, juntamente, pacotes de controlo designados por *Sender Reports* (SR). Os participantes que recebem o *stream* numa sessão RTP entregam periodicamente relatórios designados por *Receivers Reports* (RR) a todas as fontes RTP pertencentes à sessão. Os SR descrevem a quantidade de dados enviados até ao momento, bem como a relação entre o instante de amostragem e o tempo absoluto de modo a permitir a sincronização de diferentes tipos de meios. Os RR contêm informação instantânea e cumulativa sobre a taxa de pacotes perdidos e o *jitter* de uma fonte. Indicam também o maior número da sequência recebida e o tempo de envio (*timestamp*), podendo este ser usado para estimar o atraso (*round-trip*) entre o remetente e o destinatário.

2.6.5 RSVP – ReSource reSerVation Protocol

O *Resource reSerVation Protocol* (RSVP) é um protocolo descrito pelo RFC 2205⁴⁰ e foi especialmente desenvolvido para serviços integrados (IntServ) de Internet, pois permite que as próprias aplicações requeiram da rede reservas de recursos necessários para os seus diversos serviços. As novas funções que foram implementadas neste protocolo têm-no dotado de uma flexibilidade e escalabilidade únicas, quando comparado com protocolos convencionais de reserva de recursos.

Este protocolo é utilizado quando uma aplicação ou serviço, normalmente em tempo-real, a ser executado num computador requer uma qualidade de serviço específica. O protocolo RSVP é utilizado pelos *routers* para entregar requisições de controlo da QoS para todos os nós ao longo do caminho por onde os dados irão fluir, além de manter o

⁴⁰ [Http://www.ietf.org/rfc/rfc2205.txt](http://www.ietf.org/rfc/rfc2205.txt)

estado da conexão para o serviço que foi requisitado. Durante todo o caminho a percorrer, os *routers* vão negociar, através deste protocolo, essa largura de banda em benefício do fluxo de dados. As requisições RSVP geralmente resultam, embora não necessariamente, em reservas de recursos em cada nó ao longo da conexão.

Cada nó da rede tem alguns procedimentos locais para efectuar essa reserva de recursos, nomeadamente:

- *Políticas de Controlo* – determina se o utilizador tem privilégios administrativos para efectuar essa reserva;
- *Políticas de Admissão* – permite preservar o caminho dos recursos do sistema e determina se o nó tem recursos suficientes para fornecer a qualidade de serviço requerida.

O *daemon* RSVP verifica estes procedimentos e em caso de algum falhar devolve uma notificação de erro à aplicação que originou o pedido; se ambos tiverem sucesso o *daemon* RSVP determina os parâmetros necessários para obter a qualidade de serviço desejada, nomeadamente a classe de QoS para cada pacote classificado (através do classificador de pacotes) e a sua ordem dentro de cada *stream* (através do organizador/escalador de pacotes) [RFC 2205, 1997].

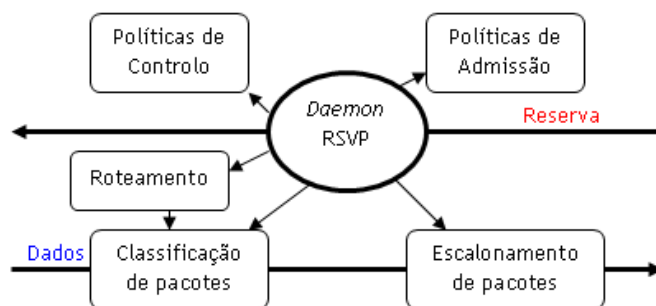


Figura 10 – Processo de reserva num nó do caminho do fluxo de dados

O processo de reserva ilustrado na figura 10 é repetido pelos *routers* no sentido inverso até que a reserva coincida com uma nova reserva da mesma fonte. Estas reservas são implementadas através de dois tipos de mensagens RSVP: PATH e RESV. As primeiras são enviadas periodicamente do emissor para os respectivos endereços *multicast* e descrevem o formato dos dados, o endereço e o porto de origem e as características do tráfego. Esta informação é vital para os destinatários pois permite-lhes não só encontrarem o caminho inverso como também determinarem que recursos devem reservar. As mensagens RESV são enviadas pelos destinatários, percorrendo todo o percurso inverso, e contêm parâmetros de reserva destinados a todos os nós da rede.

As principais características do RSVP, de acordo com o RFC 2205⁴¹, resumem-se às seguintes:

- Os fluxos RSVP são *simplex*, embora em alguns casos um computador possa actuar como emissor e receptor simultaneamente. Contudo, as reservas são efectuadas sempre de forma unidireccional;
- O RSVP suporta *multicast* e *unicast* e adapta-se à mudança de membros e rotas. Um *host* pode enviar uma mensagem IGMP (*Internet Group Management Protocol*) para se juntar a um grupo *multicast*;
- O RSVP é orientado aos receptores e opera com receptores heterogéneos com níveis diferentes de QoS;
- O RSVP tem boa compatibilidade pois funciona sobre IPv4 e IPv6.

2.6.6 RTSP – *Real-Time Streaming Protocol*

Este protocolo, definido pelo RFC 2326, é uma especificação da IETF para controlo de transmissão de conteúdos multimédia na Internet. Foi submetido ao IETF em Outubro de 1996 pela *RealNetworks* e pela *Netscape Communications Corporation*.

O modo de funcionamento deste protocolo reside no facto de que, em vez de serem armazenados em grandes ficheiros para reprodução futura em *playback*, os dados multimédia são normalmente enviados pela rede em *streams*. A divisão de *streams* em pacotes com tamanho satisfatório para transmissão entre servidores e clientes denomina-se *streaming*. Um cliente pode processar o primeiro pacote, descomprimir o segundo, enquanto recebe o terceiro, reproduzindo, assim, o conteúdo multimédia antes de acabar a sua transmissão.

O RTSP é um protocolo multimédia cliente/servidor que fornece uma entrega controlada de dados multimédia sobre uma rede IP entre os servidores de *media* e os clientes. O RTSP fornece serviços em *streams* áudio e *media* do mesmo modo que o HTTP faz para os conteúdos de texto e conteúdos gráficos.

2.6.7 SIP – *Session Initiation Protocol*

Tal como já referenciámos, este protocolo foi desenvolvido pelo grupo MMUSIC do IETF, e trata-se de um protocolo de controlo (sinalização) ao nível da aplicação para a criação, alteração e finalização de sessões entre um ou mais intervenientes. Estas sessões incluem chamadas de telefonia sobre IP, distribuição e conferência multimédia.

⁴¹ <http://www.ietf.org/rfc/rfc2205.txt>

Após o grande sucesso do SIP, o IETF decidiu criar o *SIP Working Group*, um grupo independente para o desenvolvimento deste protocolo.

O protocolo SIP é, fundamentalmente, baseado em transacções, que podem ser entendidas como uma requisição enviada de um cliente para um servidor e as posteriores respostas a essa requisição. Isto significa que o SIP é um protocolo de texto e baseia-se no modelo cliente/servidor: o cliente faz pedidos e o servidor retorna respostas aos pedidos do cliente. Utiliza uma semântica e sintaxe semelhantes ao HTTP, e faz uso dos seus métodos de autenticação. Embora possa correr sobre o TCP e o SCTP (*Stream Control Transmission Protocol*), o SIP é mais utilizado sobre o UDP, disponibilizando os seus próprios mecanismos de recuperação de erros e permitindo o envio de mensagens *multicast* [Postel, 1980].

Embora as aplicações actuais do SIP estejam direccionadas para as sessões interactivas de multimédia, tais como chamadas telefónicas ou conferências multimédia, o SIP pode ser utilizado em sistemas de mensagens instantâneas, notificação de acontecimentos ou na gestão de outros tipos de sessão, como por exemplo jogos distribuídos.

A partir da troca inicial de mensagens, pode ser constituído um diálogo entre as duas partes. Após o diálogo, as partes envolvidas podem estabelecer uma sessão multimédia, que pode ser entendida como um conjunto de emissores e receptores multimédia e *streams* de dados fluindo entre eles.

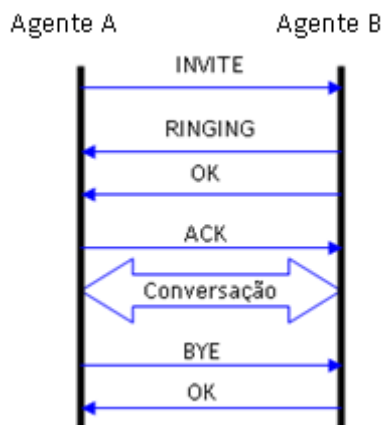


Figura 11 – Exemplo de uma chamada SIP simples

A figura 11 ilustra uma chamada típica SIP, com as diversas mensagens trocadas entre o agente A e o agente B. Inicialmente, o agente A envia um pedido (*INVITE*) ao agente B para inicializar a chamada. O agente B responde com a mensagem (*RINGING*), indicando que a chamada está a ser processada, para mais tarde enviar uma mensagem (*OK*) anunciando a aceitação da mesma. A seguir o agente A responde com uma

confirmação (*ACK*) indicando que recebeu a resposta do agente B. Em seguida os dados são encapsulados em pacotes RTP e trocados entre o agente A e o agente B. Por fim, quando algum dos intervenientes quiser terminar a sessão, quer seja o agente A quer seja o agente B, envia uma mensagem (*BYE*). O outro agente, ao receber esse pedido de terminar sessão, envia uma mensagem (*OK*) indicando a aceitação do pedido de finalização da chamada.

No estabelecimento de sessões, o SIP comporta-se como um protocolo de sinalização, oferecendo serviços similares aos protocolos de sinalização utilizados no serviço telefónico, como por exemplo o Q.931 ou o H.323, mas num contexto de Internet. O SIP difere dos protocolos anteriormente utilizados na rede telefónica pelo facto de não fazer reserva de recursos, mas em contrapartida estende as suas funções para novos domínios.

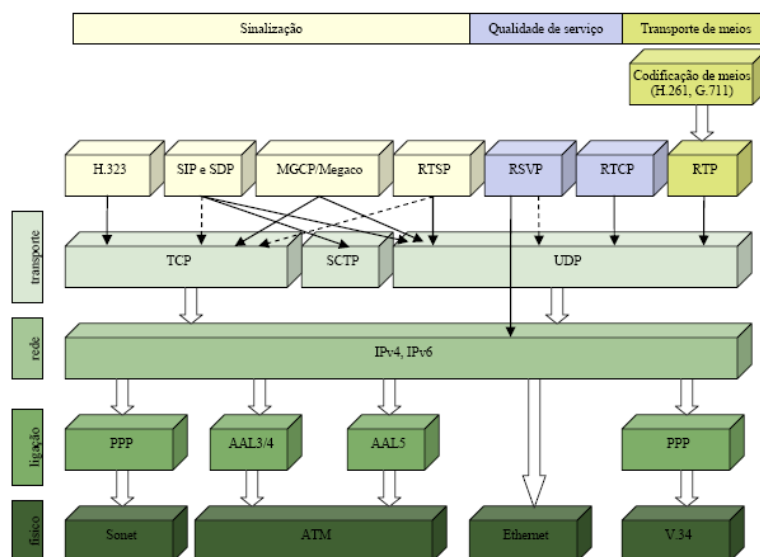


Figura 12 – Arquitectura de protocolos de Conferência Multimédia na Internet [Handley, 1997]

O protocolo SIP faz parte de uma arquitectura de protocolos de Conferência Multimédia na Internet, em desenvolvimento no IETF, conforme se mostra na figura 12 [Handley, 1997]. Para além disso, o SIP baseia-se noutros protocolos já conhecidos, como é o caso do SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*) e o HTTP (*Hiper Text Transport Protocol*) [Postel, 1982]. Tal como estes, o SIP é um protocolo textual, baseado no sistema de cliente-servidor, em que o cliente elabora um pedido que é enviado ao servidor, ao qual este último responde. Um pedido evocará um método no servidor e este pode ser enviado sobre TCP ou UDP.

Uma arquitectura SIP é definida pelos seguintes tipos de entidades:

- Agentes de utilizador (*user agent*) – São os responsáveis por iniciar os pedidos, sendo também o seu destino final. Existem dois tipos de agentes de utilizador:
 - Agentes de utilizador cliente – os que fazem pedidos;
 - Agentes de utilizador servidor – os que atendem pedidos.
- Todo o *software* SIP está no terminal que interage com o utilizador designado por *User Agent* (UA) que pode funcionar como *software* cliente num PC, num dispositivo móvel, ou como *firmware* num telefone IP. Exemplos de agentes de utilizador são os telefones IP e aplicações de conferência, que em geral podem funcionar simultaneamente como clientes e como servidores;
- Entidades de registo (*registrars*) – São as entidades responsáveis por identificar onde se encontra um determinado utilizador dentro do seu domínio, sendo responsáveis por aceitar os pedidos de registo (*REGISTER*);
- Servidores de *proxy* (*proxy server*) – São programas intermédios, ao nível da aplicação, que funcionam simultaneamente como servidores e clientes, no intuito de efectuar pedidos em benefício de outros clientes. Os pedidos são atendidos internamente ou encaminhados para outros servidores, possivelmente depois de serem traduzidos. Desta forma, um *proxy* interpreta e, se necessário, rescreve uma mensagem de pedido antes de a reenviar.
- Servidores de redireccionamento (*redirect server*) – Têm como função aceitar um pedido SIP, convertê-lo em zero ou mais endereços novos, devolvendo esses endereços ao cliente. Contrariamente aos servidores de *proxy*, o servidor de redireccionamento não inicia o seu próprio pedido SIP nem, ao contrário dos agentes de utilizador servidores, aceita chamadas;
- Servidores de localização – Os servidores de *proxy* e de redireccionamento utilizam outros servidores, designados por servidores de localização, para obterem informação sobre a localização de um determinado cliente chamado. No entanto, estes servidores não fazem parte da especificação SIP;
- *Gateways* – Uma *gateway* SIP é uma entidade que serve de interface entre uma rede que implementa SIP e uma outra que utiliza outro protocolo de sinalização. Do ponto de vista do protocolo SIP, uma *gateway* é apenas um tipo especial de agente de utilizador que actua em representação de outro protocolo em vez de uma pessoa humana. Uma *gateway* termina a sinalização SIP e pode igualmente terminar o caminho de dados de utilizador (áudio, vídeo). Por exemplo, uma

gateway SIP – H.323 termina a sinalização SIP e converte-a para H.323, mas a informação dos *media* (áudio e vídeo) não necessita de ser alterada, podendo ser enviada directamente entre terminais sem ser necessário passar pela *gateway*. Pelo contrário, uma *gateway* SIP–PSTN termina quer a sinalização quer a ligação de *media*.

As mensagens trocadas durante o processo de sinalização do protocolo são baseadas em texto, sendo a estrutura e a sintaxe das mensagens geradas similares ao XML, facilitando a sua implementação. Durante o processo de sinalização, antes do estabelecimento da sessão, os formatos de dados multimédia suportados por ambas as partes são especificados por intermédio do protocolo de descrição de sessão SDP (*Session Description Protocol*).

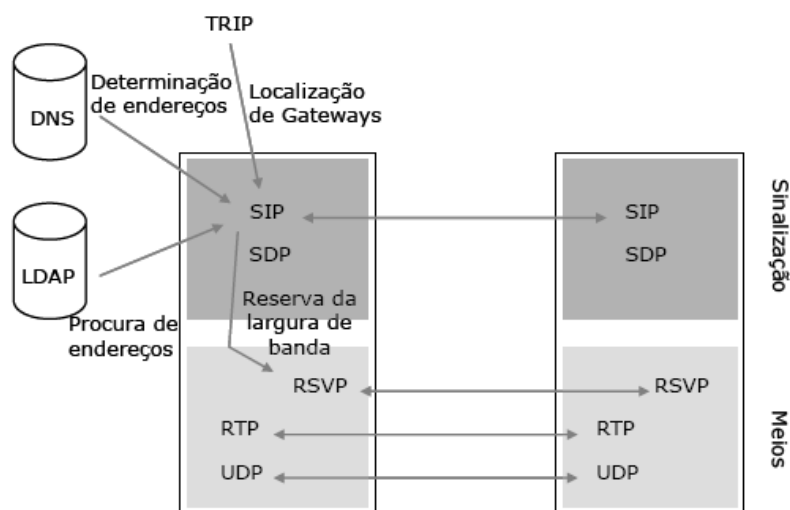


Figura 13 – Interação do SIP com outros protocolos [Schulzrinne, 2001]

A figura 13 identifica alguns dos protocolos do IETF utilizados para a construção de uma arquitectura multimédia, na qual se verifica que o SIP não é um sistema integrado de comunicações para implementar um serviço multimédia, como é o caso do H.323. Normalmente essas arquitecturas incluem um conjunto de protocolos diferentes.

As entidades finais (*callers* e *callees*), na arquitectura SIP, são identificadas por um endereço SIP, também conhecido como SIP URI (*Uniform Resource Identifier*). A sua sintaxe é similar a um endereço de *e-mail* convencional, seguindo o formato *user@host*, onde a parte *user* corresponde ao nome do utilizador e *host* consiste no domínio ou endereço de rede da entidade.

O SIP inclui na sua recomendação inicial os seguintes serviços:

- Localização do utilizador – responsável pela localização do terminal para estabelecer a comunicação;

- Disponibilidade do utilizador – responsável pela determinação da vontade do utilizador em estabelecer uma sessão de comunicação;
- Recursos do utilizador – responsável pela determinação dos meios a utilizar e dos seus respectivos parâmetros;
- Características de negociação – responsável pela negociação e por chegar a acordo relativamente aos recursos disponíveis, reconhecendo que nem todas as partes apresentam o mesmo nível de recursos;
- Gestão da sessão – possibilidade de transferir, colocar em espera ou terminar sessões, assim como de modificar parâmetros das mesmas e de invocar serviços;
- Alteração das características da sessão – possibilidade de alterar as características da sessão no decurso da mesma.

2.6.8 XMPP - eXtensible Messaging and Presence Protocol

O protocolo XMPP, criado e usado pela comunidade do Jabber, consiste numa plataforma aberta, baseada em XML, o que o torna bastante interessante pela sua flexibilidade e extensibilidade, sendo utilizado para autenticação, presença e *messaging*. Este protocolo foi oficializado pela IETF em Outubro de 2004 pelos RFCs 3020, 3021, 3022 e 3023 e está a ganhar cada vez mais adeptos pois inclui algumas vantagens, principalmente a nível de segurança.

2.7 Cenários em VoIP

Embora a OFCOM⁴² considere a existência de quatro tipos de serviços VoIP, nomeadamente computador para computador, computador para telefone, telefone para telefone e VoIP em redes empresariais privadas, iremos somente analisar os primeiros 3 cenários, pois são os que espelham com mais pormenor um hipotético ambiente VoIP [Bates, 2002].

2.7.1 Cenário 1: PC para PC

A figura 14 ilustra o cenário mais simples que se pode definir para a utilização do VoIP, em que dois utilizadores comunicam entre si sem que haja utilização da rede telefónica convencional. A codificação da voz é feita pelos computadores envolvidos e a transmissão é feita através da rede IP. Vários *softwares* estão disponíveis para esta

⁴² [Http://www.ofcom.org.uk](http://www.ofcom.org.uk)

aplicação, podendo utilizar um protocolo proprietário ou padrão, permitindo a interacção de *softwares* de diferentes fabricantes. Para tal, é necessário um PC com uma placa de som e *software* VoIP tal como o Skype⁴³, o Netmeeting⁴⁴, o MSN Messenger⁴⁵ ou o Google Talk⁴⁶, entre outros.

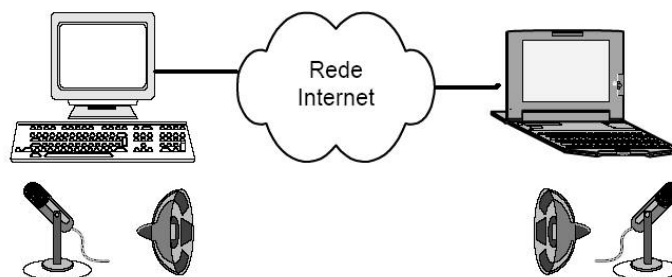


Figura 14 – VoIP entre computadores

Características deste cenário:

- Requer utilizadores de Internet equipados de igual modo, isto é, com o mesmo *software* VoIP, um computador multimédia e outro equipamento incluindo colunas e microfone.
- Requer que os utilizadores estejam ligados à Internet simultaneamente.

Motivações principais:

- Evitar as tarifas telefónicas baseadas em tempo de utilização e na distância.

2.7.2 Cenário 2: PC para Telefone sobre IP

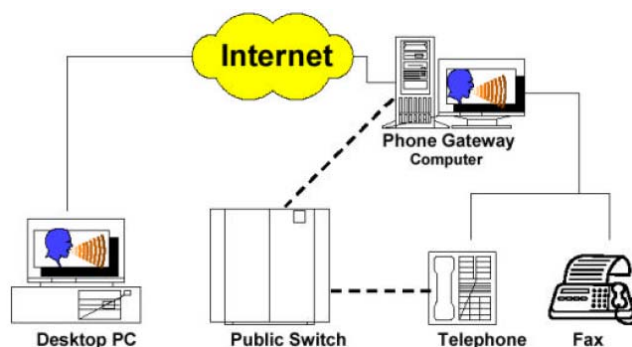


Figura 15 – VoIP entre computador e telefone

Neste caso, e como ilustrado na figura 15, é necessário uma *gateway* que interligue a rede Internet com a rede de telefonia convencional – *router* ligado ao PBX.

Características deste cenário:

⁴³ [Http://www.skype.com](http://www.skype.com)

⁴⁴ [Http://www.microsoft.com/windows/netmeeting](http://www.microsoft.com/windows/netmeeting)

⁴⁵ [Http://messenger.msn.com](http://messenger.msn.com)

⁴⁶ [Http://www.google.com/talk](http://www.google.com/talk)

- Utilizador de Internet com computador multimédia que pode ligar para qualquer utilizador de telefone, telemóvel ou fax.

Motivação principal:

- Tarifas telefónicas substancialmente reduzidas ou mesmo gratuitas.

Esta área é, sem qualquer dúvida, a que tem evoluído a uma velocidade mais acelerada e a que tem aproximado o VoIP do utilizador comum. Para confirmar a validade desta afirmação basta observar a quantidade de novos serviços surgidos nos últimos anos e a sua consequente evolução, essencialmente em termos do número de soluções que surgiram para uso doméstico.

No quarto capítulo, dedicado exclusivamente a este assunto, iremos analisar com detalhe alguns destes novos serviços e tentar identificar as suas potencialidades, enquanto que no quinto capítulo se pretende averiguar porque razão existe um maior número de pessoas a utilizar este serviço e em que circunstâncias o utiliza, através da análise de um inquérito especialmente concebido para o efeito.

2.7.3 Cenário 3: Telefone para Telefone sobre IP

Conforme se pode observar na figura 16, neste caso existe a necessidade de mais *gateways* para interligar a rede Internet às redes telefónicas, fornecendo *bypass*, podendo a rede Internet ser uma rede Intranet. As redes telefónicas podem ser PBX internas ou redes de operadoras.

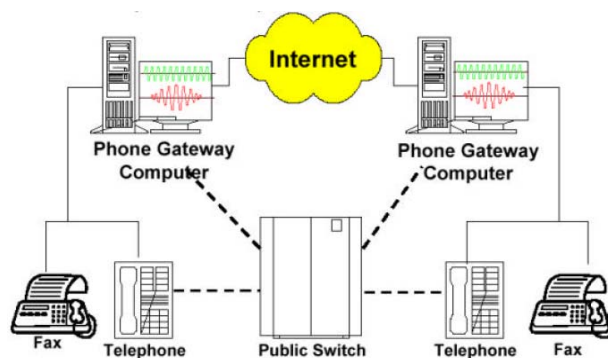


Figura 16 – VoIP entre telefones

Características deste cenário:

- Comunicação entre quaisquer telefones, fax e/ou telemóveis

Motivação principal:

- Tarifas telefónicas reduzidas

2.8 Segurança em VoIP

Inicialmente, a troca de um sistema tradicional de telefonia pelo VoIP parece ideal, mas há muitos aspectos a avaliar antes de se efectivar o investimento, e a segurança é um desses factores.

De acordo com o Gartner⁴⁷, até 2007, 97% dos novos sistemas telefónicos instalados nos Estados Unidos da América (EUA) serão baseados na tecnologia VoIP ou híbridos, logo a segurança é, e cada vez mais, uma questão importante nas organizações.

De acordo com Ari Takanen⁴⁸, “a tendência aponta para um agravamento do cenário actual, uma vez que existem novos ataques baseados em VoIP”. Na base de um ataque de VoIP pode estar, por exemplo, a má qualidade do *software*, provocando um *crash* dos dispositivos de VoIP, o *spam*, o *source spoofing* (não se pode confiar nas identidades que, e em certos casos, podem ser falsas), ou até o *broadcast* e o *multicast*, pois o facto de se concentrar muitos utilizadores numa chamada pode provocar uma saturação dos canais de comunicação.

Outro dado a ter em conta é o facto de não se terem verificado desenvolvimentos em matéria de certificação, não existindo actualmente uma identidade certificada no universo do VoIP. Isto significa que o único parâmetro pelo qual se pode actualmente definir a segurança de uma rede de VoIP é a qualidade do *software* utilizado.

A juntar a tudo isto, há a questão da confiança: “há que desconfiar de tudo e de todos”, inclusive de algo ou alguém que se diz seguro, na medida em que todos os dias se verificam ocorrências de casos de *hackers* e de propagação de vírus.

Por outro lado, Takanen afirma que “não existe uma única categoria de testes de segurança que resolva todos os problemas, pelo que a parte mais crucial diz respeito à análise de risco, ou seja, decidir quando testar a infra-estrutura de VoIP e como alocar os recursos nos esquemas de segurança”. Ainda segundo Takanen, “se o grau de confiança for de 99,99%, o de vulnerabilidade será sempre de 100%”. Para tal, o autor define três passos para identificar correctamente a análise de risco:

- Encarar o cenário como um todo, identificando os locais críticos e o valor dentro da rede;
- Estudar o perímetro, a abertura da rede e os protocolos;
- Testar, analisar e segurar de uma forma constante.

⁴⁷ [Http://www.gartner.com](http://www.gartner.com)

⁴⁸ Chief Executive Officer (CEO) da Codenomicon

Para o sistema de segurança, é necessário identificar as vulnerabilidades do novo sistema, especificar os serviços críticos (por exemplo, confidencialidade das mensagens trocadas, autenticação dos utilizadores do sistema e disponibilidade dos serviços de rede incluindo sistemas VoIP a todos utilizadores autenticados) e definir e implementar os mecanismos que deverão dar suporte aos serviços de segurança especificados (por exemplo, criptografia das mensagens trocadas e autenticação dos utilizadores baseada em troca de certificados digitais).

O VoIP é vulnerável a vários tipos de actividade maléfica: a sinalização e o *payload* são vulneráveis às ameaças tradicionais IP, incluindo vírus, *worms*, IP *spoofing*, ataque de *password* e ataque *man-in-the-middle*. O *payload* e, em menos intensidade, a sinalização são vulneráveis a ataques *denial-of-service* (DoS).

Como em outras aplicações, o VoIP passa por uma série de redes e pela Internet pública e portanto é vulnerável aos mesmos tipos de riscos de segurança que outros componentes das redes, como o *e-mail*, bases de dados e servidores. Assim, tal como nas redes de dados, a rede VoIP também deve ter os seus procedimentos de segurança definidos e implementados nos equipamentos de segurança existentes, tais como o *firewall* e o *proxy*, ou em novos equipamentos destinados a esse fim.

2.9 Conclusão

Neste capítulo pretendeu-se caracterizar o conjunto de tecnologias relacionadas com o VoIP, desde a sua origem na Internet, os seus autores e as suas motivações, até às normas que estão actualmente em vigor, tendo-se verificado que as evoluções, nesta área, surgem a um ritmo cada vez mais acelerado.

Assim, identificaram-se as vantagens e desvantagens da adopção do VoIP, as suas características e os diversos protocolos envolvidos neste processo, dando principal relevância à norma H.323 e ao SIP: o primeiro desenvolvido pelo ITU, bem definido, embora pouco expansível, compatível com PSTN, complexo e largamente implementado; em contrapartida, o segundo foi desenvolvido pelo IETF, é modular, expansível e bastante mais simples. A guerra entre estes dois protocolos promete “aquecer” o mundo do VoIP e a expectativa é grande relativamente ao vencedor.

Apesar de ainda estar a dar os primeiros passos, o mundo das comunicações de voz sobre IP desenvolve-se a um ritmo alucinante com uma evolução constante, embora tenha ainda um longo percurso a percorrer.

3 AGENTES E SISTEMAS MULTI-AGENTE (SMA)

Os Agentes e Sistemas Multi-Agente (SMA) pertencem a uma área da Inteligência Artificial (IA) denominada Inteligência Artificial Distribuída (IAD). Durante vários anos, as pesquisas realizadas em computação distribuída situaram-se num nível estreitamente relacionado com a ligação física de diferentes processadores, com a transmissão de dados e seus consequentes problemas. Estas questões dominaram as discussões de tal modo que o termo “Processamento Distribuído” vinha a ser utilizado somente para designar apenas este conjunto de problemas [Chandrasekaran, 1981].

Durante a ultima década, a abordagem de agentes tem sido desenvolvida com certo ênfase no campo da Inteligência Artificial e recentemente, também, da Engenharia de Software. Como consequência, muitos exemplos podem ser encontrados numa ampla variedade de aplicações, desde pequenos sistemas, como filtros para e-mail, a sistemas complexos e de missão crítica, como os de controlo de tráfego aéreo.

Existem dois modos de construir um sistema baseado em agentes: utilizando somente um agente ou utilizando um Sistema Multi-Agente. O primeiro baseia-se na comunicação entre o utilizador e um agente enquanto o segundo baseia-se em vários agentes que cooperam entre si para resolverem as tarefas que lhes foram delegadas.

3.1 Agentes

Os agentes constituem uma nova classe de software que agem consoante o comportamento do utilizador para filtrar informação, negociar serviços, automatizar tarefas ou colaborar com outros agentes para resolverem problemas mais complexos.

Os agentes são aplicados nas mais diversas áreas que variam desde a interacção homem-máquina até complexos processos de controlo industrial. Uma das principais ideias associada aos agentes de software é a delegação, isto é, o utilizador delega ao agente uma tarefa para que ele a execute autonomamente. Contudo, o agente deve também comunicar com o utilizador a fim de receber instruções e poder informar o utilizador das tarefas realizadas. Por fim, o agente deve também poder monitorizar o seu próprio ambiente a fim de executar as medidas necessárias para resolver as suas delegações com sucesso.

3.1.1 Definição de Agente

Devido ao elevado número de aplicações e à relativa abertura do conceito, existem diversas definições sobre o conceito de *Agente*, não existindo um consenso entre os autores da área sobre esta matéria. No entanto, e embora não exista uma definição consensual do conceito de agente, existe a noção de que a autonomia é essencial num agente.

Uma variedade de definições relativas a agentes tem sido apresentada por pesquisadores da área da IAD, cada qual orientada aos seus próprios trabalhos.

Segundo [Jennings, 1996] um agente é uma entidade computacional que dispõe de capacidade para perceber o seu ambiente exterior, possibilitando a intervenção nesse mesmo ambiente de forma flexível e com algum grau de autonomia, guiado por objectivos próprios e com eventual capacidade para aprender com a experiência, de modo a melhorar o seu desempenho.

Uma definição abrangente de agente, que se aplica tanto a agentes humanos quanto a robôs e/ou agentes de *software*, afirma que um agente obtém conhecimento do seu ambiente por meio de sensores e age nesse ambiente através de actuadores [Russel et. al., 1995].

Uma outra definição, que pretende sintetizar o que possa haver de comum em todas as demais definições, afirma que agentes de *software* são entidades computacionais persistentes e activas as quais percebem, raciocinam, agem e comunicam num dado ambiente [Huhns et al., 1997].

Wooldridge afirma que “um agente é utilizado para denotar um sistema computacional que goza das seguintes propriedades [Wooldridge, 1995]:

- Autonomia: os agentes operam sem a intervenção directa de seres humanos ou outras entidades, e exercem algum tipo de controlo sobre as suas acções e estados internos;
- Reacção: os agentes percebem os seus ambientes e respondem rapidamente às trocas que neles ocorrem;
- Pró-actividade: os agentes não só agem apenas em respostas às alterações dos seus ambientes como também são capazes de exhibir um comportamento orientado por objectivos através de iniciativas;
- Habilidade social: os agentes interagem com outros agentes.”

Em [Etzione, 1994] temos a definição de uma espécie de agente chamado *softbot* – *software robot*: “Um *softbot* é um agente que interage com o ambiente computacional pela emissão de comandos e pela interpretação dos resultados apresentados pelo ambiente. Os actuadores dos *softbots* são comandos, os quais possuem como objectivo promover alterações no estado do ambiente. Os sensores dos *softbots* são comandos que possuem como objectivo produzir informação”.

Em [Cockayne, 1998] encontramos o conceito de agentes móveis: “O conceito de agentes móveis emergiu, na década de setenta, de um exame profundo da comunicação entre computadores. Devido ao crescimento exponencial da Internet, uma nova aproximação foi necessária para incrementar os tipos sofisticados de comunicação (protocolos), sem congestionar os componentes da mesma”.

Uma das definições mais frequentemente citadas é a de [Wooldridge e Jennings, 1995]: “*um agente é um sistema de computação encapsulado situado num dado ambiente e capaz de executar acções autónomas e flexíveis para alcançar os objectivos*”.

De uma forma mais detalhada, podemos dizer que os agentes de software são [Jennings, 2001]:

- Entidades que resolvem problemas claramente identificados com limites e interfaces bem definidos;
- Entidades inseridas num ambiente particular sobre o qual têm um controlo parcial e capacidade de observação. Eles recebem *inputs* relacionados ao estado do seu ambiente através de “sensores” e geram *outputs* no seu ambiente através de “actuadores”;
- Projectados para realizar um papel específico ou desempenhar uma função bem definida;
- Objectos que possuem controlo sobre o seu estado interno e comportamento;
- Entidades pró-activas e reactivas;
- Entidades que possuem a capacidade de cooperar com outros agentes para resolver problemas complexos.

Baseados nestas definições e nos trabalhos de [Wooldridge e Jennings, 1995], [Wooldridge, 2002], [Maes, 1996], [Russel e Norvig, 1995], [Reis, 2002] e [Reis, 2003], iremos adoptar a seguinte definição de agente: “*Um Agente é um sistema computacional, situado num dado ambiente, que tem a percepção desse ambiente através de sensores, tem capacidade de decisão, age de forma autónoma nesse*

ambiente através de actuadores, e possui capacidades de comunicação, de forma a desempenhar uma dada função para a qual foi projectado.”

3.1.2 Características dos Agentes

Antes de definir as características de um agente inteligente vamos primeiro analisar as características gerais de um agente de software. Um agente de software pode ser visto como uma construção de software autónoma, isto é, software suficientemente autónomo e capaz de executar determinadas tarefas sem auxílio do utilizador. Adicionalmente, duas características são importantes nos agentes:

- A capacidade de comunicar com outros agentes;
- A percepção do seu meio ambiente.

A capacidade de comunicar implica a necessidade de cooperar com outros agentes, recebendo, processando e enviando informação. Aliás, é na cooperação que se baseia a razão principal para o uso de múltiplos agentes de software, o que implica uma capacidade social para interagir com outros agentes ou humanos [Wooldrigde e Jennings, 1995]. Contudo, existem outros investigadores que são menos rigorosos na caracterização de um agente. Segundo [Franklin e Graesser, 1996] a capacidade de autonomia já é suficiente para a sua definição. Outros defendem a percepção do meio envolvente como factor crucial [Russell e Norvig, 1995]. A capacidade de atingir um dado propósito é uma característica fundamental na definição de agente de software [Smith et al., 1994].

Ainda segundo [Huhns et al., 1997], um agente caracteriza-se por um conjunto de propriedades inalteradas pela continuidade do tempo. Algumas dessas propriedades são intrínsecas ao agente [Cardoso, 1999], tais como:

- Tempo de vida (efémero ou permanente);
- Nível de cognição (reactivo ou deliberativo);
- Implementação (declarativo ou procedimental);
- Mobilidade (estacionário ou móvel);
- Adaptabilidade (fixo, ensinável ou autodidacta);
- Modelagem (do ambiente ou de outros agentes).

Outras são extrínsecas ao agente, definidas no contexto da sua relação com os outros agentes [Cardoso, 1999], tais como:

- Localização (local ou remoto);

- Autonomia social (independente ou controlado);
- Sociabilidade (autista, atento, responsável ou membro);
- Colaboração (cooperativo, competitivo ou antagonista);
- Interação (com o ambiente ou outros agentes).

Outra visão sobre esta matéria é apresentada por [Macedo, 2003] que afirma que uma entidade de software, para ser considerada um agente, tem que possuir pelo menos três propriedades: autonomia, interactividade e adaptabilidade, entre outras opcionais:

- **Autonomia**: capacidade de alcançar o seu objectivo sem intervenções externas (humanos ou de outros agentes) directas. O agente deve ter controlo sobre o seu comportamento e respectivo estado interno, podendo decidir quando agir. A autonomia tem dois aspectos: o ser dinâmica, quando o agente de software pode dizer “vamos” fazer algo, caracterizando a pró-actividade e o ser imprevisível, quando o agente de software pode dizer “não”.
- **Interactividade (ou Sociabilidade)**: capacidade de comunicar com o seu ambiente e outros agentes (quando necessário) visando atingir o seu objectivo.
- **Adaptabilidade (ou Aprendizagem)**: capacidade de acumular conhecimento baseado nas experiências passadas e, conseqüentemente, modificar o seu comportamento em resposta às mudanças no ambiente. A inteligência de um agente é a quantidade de comportamento assimilada e a possível capacidade de raciocínio que o agente possa adquirir.
- **Persistência**: capacidade de executar continuamente mantendo o seu estado interno consistente.
- **Mobilidade**: capacidade de se transportar para um outro ambiente onde será executado.

Assim, como vimos, existem vários autores que se baseiam em princípios diferentes para tentar caracterizar um agente de software. Resumidamente, podemos caracterizar um agente de software em três pilares fundamentais:

- Autonomia na execução de tarefas;
- Capacidade de comunicação com outros agentes ou com o utilizador;
- Monitorização do estado do seu meio envolvente.

Tendo definido as principais características de um agente de software, podemos começar a pensar em caracterizar um agente inteligente de software, ou seja, em que difere um agente inteligente de software num agente de software.

Para um agente de software ser considerado inteligente deve possuir as seguintes características ou atributos [Newell, 1988]:

- Capacidade de explorar quantidades significantes de diferentes domínios de conhecimentos;
- Tolerância a erros e falhas;
- Capacidade de usar símbolos e abstrações;
- Capacidade de se orientar e adaptar a objectivos mutáveis;
- Capacidade de aprender com o meio envolvente;
- Capacidade de operar em tempo real;
- Capacidade de comunicar em linguagem natural.

Contudo, existem vários autores que discordam com esta definição e são mais flexíveis na sua caracterização. Assim, um agente de software tem que executar três funções para ser considerado inteligente [Hayes-Roth, 1995]:

- Percepção dinâmica das condições do meio envolvente;
- Realização de acções que afectem as condições do meio envolvente;
- Regras para interpretar percepções, resolver problemas e determinar acções.

3.1.3 Classificação de Agentes

Da mesma forma que existem inúmeras definições de agentes, encontra-se na literatura uma grande diversidade na classificação de agentes.

Tabela 7 – Tipos de agentes [Sycara et al., 1999]

Agentes	Descrição
Interface	Recolhe e apresenta informações relevantes, podendo interagir com o utilizador para obter informações adicionais e confirmação. Suporta várias interfaces de consulta (formulários, gráficos, menus e linguagens)
Tarefa	Recebe a consulta do utilizador via agente de interface. Determina quais os agentes que contêm informações relevantes para uma dada consulta. Decompõe o plano de consulta para que seja executada por vários agentes. Combina os resultados parciais obtidos. Faz uso das ontologias.
Informação	Fazem a interoperacionalidade entre fontes de dados e aplicações. Podem ter várias funcionalidades: conversão de formato para a fonte, monitorizar as fontes, análise de dados, etc.

Uma delas é a que os classifica em agentes de interface, tarefa e de informação, conforme demonstrado na tabela 5 [Sycara et al., 1999].

Os *Agentes de Interface* interagem com o utilizador recebendo as suas especificações e entregando-lhes os resultados. Estes agentes adquirem, modelam e utilizam as preferências dos utilizadores para guiar a coordenação do sistema, com o propósito de suportar as tarefas dos utilizadores. Por exemplo, uma aplicação que filtra *e-mails* de acordo as preferências do utilizador é um agente interface. As principais funções de um agente de interface incluem:

- Recolha de informação relevante dos utilizadores para iniciarem uma tarefa;
- Apresentação de informação relevante incluindo resultados e explicações;
- Capacidade para perguntar ao utilizador por informação adicional durante a solução do problema;
- Capacidade para questionar o utilizador pela confirmação, quando necessário, permitindo às aplicações interagir somente através de agentes de interface relevantes, dessa forma o agente tarefa “oculta” o recolhimento da informação distribuída subjacente e a complexidade da solução do problema.

Os *Agentes Tarefa* suportam a tomada de decisões via a formulação de planos de solução de problemas, sendo executados através de consultas e trocas de informações junto a outros agentes de software. Este tipo de agentes tem conhecimento do domínio da tarefa e de quais outros agentes tarefa ou de informação são relevantes para executar varias partes da mesma. Adicionalmente, possuem estratégias para a resolução de conflitos.

Um *Agente de Informação* é um tipo especial de agente de software que deve fornecer acesso a uma ou mais fontes de informação heterogéneas e distribuídas, sobre as quais proactivamente recupera, analisa, manipula e integra informações relevantes em prol dos seus utilizadores ou de outros agentes, de forma preferencialmente *just-in-time* [Klusch, 1999]. Um agente de informação deve satisfazer uma ou mais das seguintes características:

- *Gestão e Aquisição de Informação*: capacidade de fornecer acesso transparente para as fontes de informação. Deve poder recuperar, extrair, analisar e filtrar dados, monitorar fontes e actualizar informações relevantes em prol dos seus utilizadores ou agentes;

- *Gestão e Aquisição de Conhecimento*: capacidade de adquirir e manter conhecimento sobre ele mesmo e o seu ambiente através da representação e processamento de ontologias, meta-dados, perfis, mudança de formato de dados e técnicas de aprendizagem da máquina;
- *Apresentação e Síntese de Informação*: capacidade de juntar dados heterogêneos e fornecer, aos seus utilizadores, uma visão unificada e multidimensional sobre as informações relevantes.

Outras características desejáveis são as seguintes:

- *Produzir interacções longas*: que envolvem controlo das suas fontes visando determinadas condições tal como a actualização da fonte;
- *Fornecer informações em diferentes tempos*: imediato, periódico e condicional;
- *Manter conhecimento sobre o seu estado interno* (actividades correntes e responsabilidades): para adaptar o seu comportamento.

Contudo, e segundo [Nwana, 1996], existem quatro formas de classificar um agente, consoante a sua capacidade de cooperar, aprender e actuar autonomamente. É importante notar que os limites desta classificação não devem ser interpretados como linhas rígidas bem definidas. Assim, e mediante esta classificação, eles podem ser considerados agentes inteligentes, agentes colaborativos, agentes colaborativos com capacidade de aprendizagem e agentes de interface, conforme podemos observar pela figura 17.

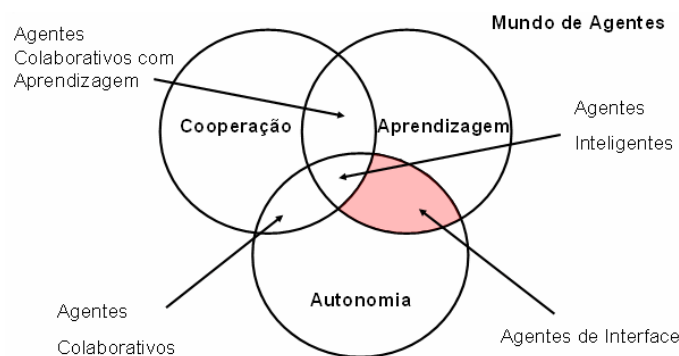


Figura 17 – Tipos de agentes [Nwana, 1996]

Nwana propõe uma tipologia de agentes que identifica sete dimensões de classificação distintas [Nwana, 1996]:

- **Mobilidade**: agentes estáticos ou móveis. Os agentes móveis podem estar residentes na sua máquina de origem ou temporariamente numa outra máquina;

- **Modelo de Raciocínio:** presença ou não de um modelo de raciocínio simbólico, ou seja, um agente pode ser deliberativo ou puramente reactivo;
- **Função do Agente:** a principal função assumida pelo agente, como por exemplo um agente de pesquisa de informação, que procura informação adequada a um dado utilizador na Internet, ou de interface, que facilita a interacção homem-máquina de uma determinada aplicação;
- **Autonomia:** grau de autonomia do agente;
- **Cooperação:** realização ou não de acções cooperativas com outros agentes;
- **Aprendizagem:** inclusão ou não de capacidades de aprendizagem no agente;
- **Características Híbridas:** estas combinam duas ou mais filosofias diferentes num mesmo agente.

3.1.4 Taxionomia de Agentes

Relativamente à taxionomia, um agente é visto como um tipo especial de sistema computacional que pode ser classificado segundo alguns eixos, nomeadamente:

- Eixo de actuação: um agente pode actuar de forma isolada ou interagindo com outros agentes, ou seja, de forma social;
- Eixo cognitivo: um agente pode conter um modelo de representação interno do ambiente e dos outros agentes baseado em estado mentais e num modelo racional de decisão (agente cognitivo) ou apenas agir baseado num modelo de reacções aos estímulos provocados pelo ambiente (agente reactivo);
- Eixo ambiental: um agente individual pode actuar de modo restrito numa única máquina (agente de *desktop*) ou pode ter um campo de actuação mais amplo, numa rede, numa intranet ou, inclusive, na própria Internet (agente de Internet).

Esta taxionomia encontra-se ilustrada na tabela 5.

Tabela 8 – Taxionomia de agentes

Eixo	Tipo de Agente					
Actuação	Social			Individual		
Cognitivo	Reactivo		Cognitivo		Cognitivo	
Ambiental	Desktop	Internet	Desktop	Internet	Desktop	Internet

3.2 Arquitectura de Agentes: Reactiva, Cognitiva e Híbrida

Uma arquitectura de *software* pode ser descrita como sendo a configuração dos componentes que constituem um sistema e das conexões que coordenam as actividades

entre estes componentes [Abowd et al., 1996]. Quando se fala de arquitecturas de agentes podemos referir não só à arquitectura interna de cada agente como também à arquitectura do próprio sistema multi-agente, ou seja, ao modo de organização dos agentes dentro de um sistema e como estão estruturados os seus relacionamentos e interacções.

A respeito das arquitecturas de agentes que estão a ser estudadas, uma classificação geral pode ser dada em função do mecanismo para a selecção das acções que o agente utiliza [Ferguson, 1992]. Assim, se a escolha da acção está directamente situada na ocorrência de um conjunto de eventos que ocorrem no ambiente dizemos que a arquitectura é do tipo reactivas ou não deliberativo (ex.: geração de alarmes). Por outro lado, se a escolha da acção é efectuada através de uma deliberação explícita sobre diferentes opções este tipo de arquitectura é chamado cognitiva ou deliberativa (ex.: planeamento de missões). Numa posição intermédia entre estes dois tipos, existem as arquitecturas do tipo híbrido, em que a escolha da acção é realizada utilizando uma combinação entre tipos não deliberativos e deliberativos [Corrêa, 1994].

3.2.1 Arquitecturas Reactivas

As arquitecturas reactivas (ou não deliberativas) surgiram no final da década de 80, como reacção a alguns investigadores à chamada IA simbólica. Quase todas estas reacções rejeitam o facto de que a inteligência deve ser baseada em manipulações de representações simbólicas e defendem a ideia de que um conjunto de comportamentos simples pode, em grupo, resolver problemas reais complexos. Os agentes reactivos são baseados em modelos de sociedade biológica ou etológica onde se pode observar a emergência de um comportamento social dito “inteligente” [Sichman, 2003]. Este comportamento dos agentes reactivos baseia-se no processo de estímulo-resposta. Os agentes reactivos caracterizam-se por terem reacções estereotipadas a um conjunto de estímulos exteriores (comportamento tipo animal) e um conhecimento reduzido a um conjunto básico de situações (responsáveis pelos estímulos) [Brooks, 1986]. Assim, como o agente reactivo não aprende, logo não evolui.

3.2.2 Arquitecturas Cognitivas

Por sua vez, as arquitecturas cognitivas (ou deliberativas) seguem a tradição dos primórdios da IA, sendo fortemente baseadas no paradigma simbólico [Schiman, 2003]. Os agentes cognitivos são baseados em modelos de sociedades humanas, tais como grupos, hierarquias ou mercados, possuindo, ao contrário dos agentes reactivos, uma

representação explícita do ambiente e dos outros agentes, possuindo memória e capacidade de planear o futuro, interagindo indirectamente através de mensagens [Sichman, 2003]. Estas arquitecturas deliberativas têm como base a ideia de que o processamento simbólico é fundamental para a teoria da acção, ou seja, um agente executa uma acção inteligente quando, possuindo um certo conhecimento e objectivo, tem a noção de que essa acção o conduzirá a alcançar os seus fins propostos [Corrêa, 1994]. Um agente computacional deste tipo pode ser definido como uma unidade activa, com as suas próprias capacidades de resolução de problemas e passível de execução individual [Rocha, 1994]. Os agentes cognitivos caracterizam-se por terem objectivos próprios que, por influência do estado do sistema (do mundo), estabelecem o seu padrão de comportamento. Este tipo de agente é capaz de raciocinar com base nos elementos fornecidos por estes dois factores e assim seleccionar a acção que deverá realizar, assumindo pleno controlo do seu comportamento. Dentro desta visão, uma das arquitecturas mais analisadas na literatura da especialidade é a BDI (*Belif, Desire e Intention*), baseada nos estados mentais de crenças, desejos e intenções [Rao e Georgeff, 1995]. Tal arquitectura, que se encontra representada na figura 18, é baseada na teoria de raciocínio prático, ou seja, o processo de decidir, minuto a minuto, qual a acção que um ser humano deve realizar para atingir os seus objectivos.

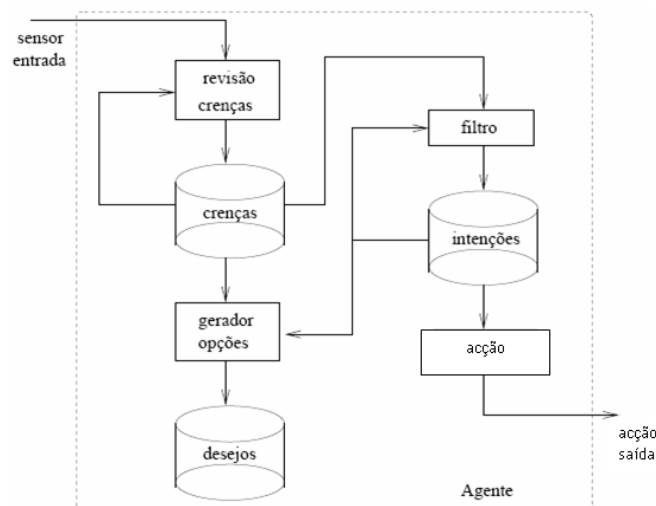


Figura 18 – Arquitectura de um agente BDI [Wooldridge, 2002]

3.2.3 Arquitectura Híbridas

O que se deseja na prática, especialmente em sistemas em tempo real e em robótica, é que um agente possa apresentar ambas as capacidades, sempre que tal seja necessário. Como exemplo temos um robot móvel que deve planear a sua trajectória, e simultaneamente, evitar rapidamente os seus obstáculos que lhe apareçam pela frente.

Neste sentido criaram-se as arquitecturas híbridas, que podem ser representadas por camadas reactivas ou cognitivas interrelacionadas, tal como ilustrado na figura 20 [Wooldridge, 2000]. Tais arquitecturas podem ser horizontais (ou baseadas em comportamentos) ou verticais (ou hierárquicas), combinando camadas reactivas e cognitivas [Schiman, 2003]. Um exemplo desta arquitectura é a chamada *TouringMachine* [Ferguson, 1992] que consiste numa arquitectura horizontal composta por uma camada reactiva que fornece respostas imediatas a eventuais mudanças no ambiente, uma camada de planeamento responsável pelo comportamento pró-activo e uma camada que modela o ambiente e outros agentes que gera novos objectivos para solucionar eventuais conflitos.

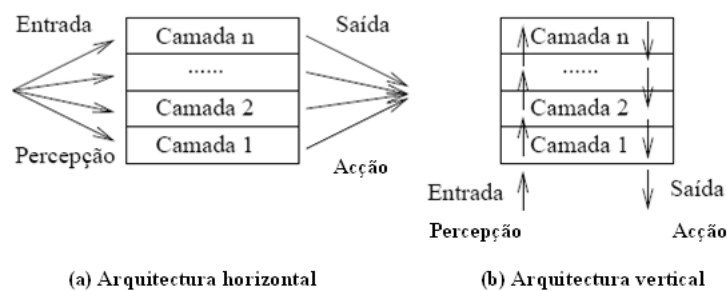


Figura 19 – Arquitecturas híbridas de agentes [Wooldridge, 2002]

3.3 Sistemas Multi-Agente (SMA)

O termo agente deriva do verbo *agere* em latim, que significa guiar, agir ou fazer. A definição demonstra uma forte ligação entre agentes, acção e representação da colectividade. Dessa forma, percebe-se que a essência dos agentes consiste na realização de actividades específicas, de forma colectiva, em prol de um objectivo comum a toda a comunidade envolvida.

Outro conceito importante é o de Sistemas Multi-Agente, onde vários agentes interagem para solucionar problemas complexos que estão para além das suas capacidades individuais. Assim, fazendo uma analogia com a teoria de sistemas, pode-se dizer que o sistema resultante deve ter capacidades além da simples “soma” das capacidades individuais dos agentes. Para modelar as aplicações de Sistemas Multi-Agente existem diversas metodologias, sendo uma delas a MESSAGE (*Methodology for Engineering System of Software Agents*) [Eurescom, 2001], a qual é uma extensão de metodologias existentes para o desenvolvimento de software orientado a objectos, para aplicações orientadas a agentes.

Um sistema projectado e implementado com vários agentes interactivos, situados num ambiente comum, com o objectivo da resolução de um problema, denomina-se Sistema Multi-Agente (SMA) [Souza, 2003].

3.3.1 Evolução dos Sistemas Multi-Agente no Enquadramento da Inteligência Artificial Distribuída

A primeira conferência de IAD, a *International Workshop on Distributed Artificial Intelligence*, ocorreu nos EUA em 1980, após uma reunião preparatória no MIT⁴⁹ (*Massachusetts Institute of Technology*) em 1979. Contudo, e na Europa, a primeira reunião realizou-se pela primeira vez em 1989, denominando-se MAAMAW (*Modeling Autonomous Agents in a Multi Agent World*), após o lançamento do tema num painel na Conferência Europeia de Inteligência Artificial, ECAI-88.

A partir da última década, as questões relativas ao processamento distribuído começaram a ser tratadas num nível mais alto, mais abstracto. Nesta abordagem a atenção volta-se para as estratégias pelas quais a decomposição e coordenação do processamento num sistema distribuído seriam conjugadas com as demandas estruturais do domínio das tarefas. Este nível de abstracção passou a ser designado por Resolução Distribuída de Problemas (RDP) [Chandrasekaran, 1981].

A primeira reunião internacional e bianual à escala mundial, a ICMAS (*International Conference on Multi-Agent Systems*), realizou-se pela primeira vez em 1995 nos EUA. A Conferência Internacional de Agentes (*Autonomous Agents- AA*) realizou-se de 1997 a 1999 nos EUA e em 2000 pela primeira vez na Europa. Em 2002, a ICMAS juntou-se à AA para lançar em 2002 a conferência AAMAS realizada em Bolonha, em 2003 na Austrália e 2004 nos EUA.

Paralelamente a este desenvolvimento, pesquisas efectuadas em IA, inspiradas em conceitos clássicos de organizações e sociedades, começavam a romper com as soluções típicas até então adoptadas na construção de sistemas inteligentes.

A Inteligência Artificial é tradicionalmente apresentada como a parte da ciência da computação cujo ênfase está no estudo de sistemas inteligentes, ou seja, sistemas que exibam características associadas à inteligência no comportamento humano – compreensão de linguagem, aprendizagem, raciocínio, resolução de problemas [Barr e

⁴⁹ [Http://web.mit.edu](http://web.mit.edu)

Feigenbaum, 1981]. Para um estudo mais aprofundado nesta área recomendamos [Russel e Norvig, 1995].

A resolução de problemas abordados pela IAD foi dividida em dois grupos [Bond e Gasser, 1988]:

- **RDP – Resolução Distribuída de Problemas:** O trabalho de resolver um problema particular pode ser dividido entre um número de módulos que cooperam e compartilham conhecimento sobre o problema e sobre o desenvolvimento da solução [Bond e Gasser, 1988]. Sendo assim, o planeamento das acções a desenvolver é o resultado da decomposição do problema em vários problemas menores ou subproblemas que são depois distribuídos aos diversos agentes envolvidos. Como resultado desta partilha, os agentes cooperam apenas na divisão do esforço e na partilha de conhecimentos e resultados;
- **SMA – Sistemas Multi-Agente:** Nesta segunda linha, contrariamente à RDP, não se parte de um problema específico, mas pretende-se coordenar um comportamento inteligente entre um conjunto de agentes autónomos, ou seja, como eles podem coordenar os seus conhecimentos, objectivos, habilidades e planos conjuntamente para realizar uma acção ou resolver problemas [Bond e Gasser, 1988]. Assim, os agentes podem estar a trabalhar em direcção a um único objectivo global ou rumo a objectivos individuais separados que podem interagir, sendo então a autonomia dos agentes relacionada com a existência de cada agente independentemente da existência dos demais [Demazeau e Muller, 1990].

Por fim, verifica-se ainda uma terceira linha de trabalhos relacionada com a IAD, denominada IA Paralela [Bond e Gasser, 1988] que trata do desenvolvimento de arquitecturas paralelas, linguagens e algoritmos para IA. Contudo, estes assuntos referem-se mais directamente aos problemas de desempenho de sistemas de IA e não a aspectos conceituais sobre a compreensão da natureza do raciocínio e comportamento inteligente entre múltiplos agentes. Assim, e apesar dos seus desenvolvimentos certamente contribuir para esta área, a IA Paralela não faz parte da IAD.

3.3.2 O Conceito de Sistema Multi-Agente

Um Sistema Multi-Agente é um sistema computacional onde dois ou mais agentes interagem ou trabalham em conjunto de forma a desempenhar determinadas tarefas ou satisfazer um conjunto de objectivos. A investigação científica e a implementação prática de SMA estão focalizadas na construção de *standards*, princípios e modelos que permitam a criação de pequenas e grandes sociedades de agentes semi-autónomos, capazes de interagir convenientemente de forma a atingirem os seus objectivos [Lesser, 1999]

O termo Sistema Multi-Agente é aplicado a um sistema que compreende os seguintes elementos [Ferber, 1999]:

- Um ambiente, *E*, representado por um espaço que possui um volume;
- Um conjunto de objectos, *O*. É possível, num dado momento, associar qualquer objecto com uma posição em *E*. Esses objectos são passivos, ou seja, eles podem ser percebidos, criados, destruídos e modificados pelos agentes;
- Uma comunidade de agentes, *A*, que são objectos específicos representando as entidades activas do sistema;
- Uma comunidade de relações, *R*, que liga objectos (e portanto agentes) entre si;
- Uma comunidade de operações, *Op*, que permite os agentes de *A* perceber, produzir, consumir, transformar e manipular objectos de *O*;
- Operadores com a tarefa de representar a aplicação dessas operações e a reacção do mundo para as suas tentativas de modificação.

Um Sistema Multi-Agente pode ser definido como uma rede, fracamente ligada, de agentes que trabalham em conjunto para resolver problemas que ultrapassam a capacidade e o conhecimento de cada um em particular. Eles são especialmente adaptados para representar problemas com múltiplas possibilidades de solução e diversas perspectivas e entidades. Esses sistemas possuem capacidade para resolver problemas tradicionalmente distribuídos e possibilitam sofisticados padrões de interacção, tais como [Souza, 2003]:

- Cooperação: trabalhar em conjunto em prol de um objectivo comum;
- Coordenação: trabalhar em conjunto de forma harmoniosa (como por exemplo, organizar a resolução de problemas mediante a exploração de interacções benéficas e evitando interacções prejudiciais); e

- Negociação: tentar atingir um acordo que seja aceitável para todas as partes envolvidas.

A base desse paradigma e seu diferencial sobre as demais abordagens são a flexibilidade e o alto nível das interações [Jennings et al., 1998].

Durante a concepção de um agente computacional espera-se que a acção ocorra em benefício de algo ou alguém, no intuito da realização de uma tarefa específica que lhe foi designada. Entretanto, a função de configurar o agente com todos os detalhes do seu comportamento pode ser uma tarefa complexa. Apresenta-se, então, a necessidade do desenvolvimento de uma capacidade, intrínseca ao agente, de compreensão do contexto do ambiente para uma execução eficiente da tarefa designada. Portanto, a formação de um agente computacional envolve não só o exercício de uma forma particular de *expertise*, mas também a análise das peculiaridades do ambiente e das situações envolvidas [Souza, 2003].

3.3.3 Classificações de Sistemas Multi-Agente

Os agentes que constituem um SMA apresentam propriedades que, para além de permitirem a distinção e caracterização entre agentes e entidades, possibilitam a formação de categorias. Essas são baseadas em dimensões (concepção, constituição, granularidade, etc.) sendo úteis para o enquadramento dos agentes. Um SMA é classificado em heterogêneo ou homogêneo, dependendo das características dos agentes na dimensão em análise. Um SMA é homogêneo quando os agentes participantes possuem, nas dimensões em análise, valores congruentes, sendo heterogêneo caso contrário. A figura 20 apresenta um esquema possível de classificação de agentes [Shmeil, 1999].

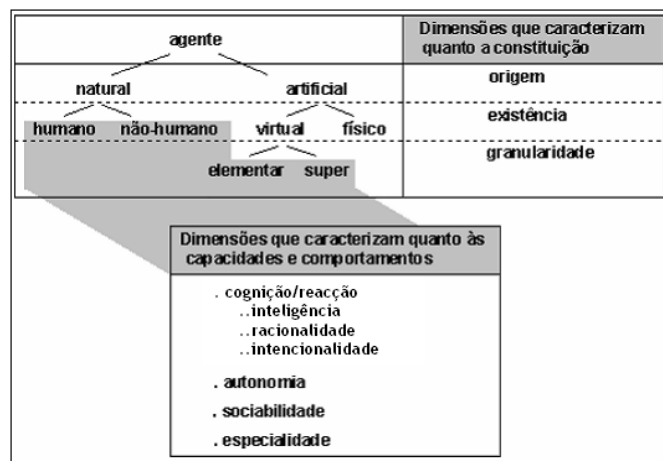


Figura 20 – Algumas das dimensões para classificação de agentes [Shmeil, 1999]

3.3.4 Características dos Sistemas Multi-Agente

Nos Sistemas Multi-Agente o foco da atenção reside na actividade de um agente autónomo num mundo Multi-Agente [Demazeau e Muller, 1990]. A palavra agente, neste contexto, é usada de uma maneira geral para designar uma entidade inteligente, agindo racionalmente e intencionalmente em relação aos seus próprios objectivos e ao actual estado de conhecimento. Por autónomo, entende-se que cada agente possui a sua própria existência, a qual não se justifica pela presença ou não de outros agentes nem pela existência prévia de algum problema. Considera-se, portanto, um sistema no qual existem vários agentes que podem vir a colaborar entre si, embora não necessariamente.

Alguns pontos importantes destacados [Sichman et al., 1992] são:

- A decomposição das tarefas é realizada pelos agentes;
- Como os agentes são autónomos, logo têm objectivos individuais, o que pode originar conflitos entre eles;
- É necessária uma comunicação complexa entre os agentes;
- Os agentes podem trabalhar noutros problemas;
- O ambiente pode sofrer alterações, sendo um agente um elemento adaptável, alterando a sua representação interna do mundo.

As questões básicas em SMA são a modelação de agentes e o estudo das possíveis interacções existentes entre eles. O que caracteriza o agente depende das interacções que realiza com o mundo e, também, quais e como são os processos internos que possibilitam a realização destas interacções [Corrêa, 1994].

3.3.5 Vantagens dos Sistemas Multi-Agente

Em SMA os agentes podem estar a trabalhar para atingir um só objectivo geral, ou rumo a objectivos individuais separados que podem interagir, sendo então a autonomia dos agentes relacionada com a existência de cada agente, independentemente dos demais [Demazeau e Muller, 1990]. Assim, os SMA oferecem uma maior rentabilidade de recursos para problemas onde o conhecimento ou actividade é distribuído.

Existem várias razões para a utilização de um SMA [Stone e Veloso, 1996]:

- O próprio domínio do problema o exige;
- O paralelismo, atribuindo diferentes tarefas a diferentes agentes;
- A robustez, pois utiliza diferentes agentes;

- A escalabilidade, aumentando os agentes intervenientes num sistema aberto;
- Programação simples, dividindo o problema em vários sub problemas;
- Estudar a inteligência, pois permite a inter-operacionalidade entre os agentes.

Em algumas circunstâncias a própria natureza do problema necessita de um SMA, como o caso da marcação distribuída de reuniões, onde os agentes se encontram realmente geograficamente distribuídos e a vantagem de usar um SMA é o facto de manter a privacidade dos vários agentes envolvidos.

3.4 Estratégias de Interacção, Coordenação e Comunicação

Qualquer agente deve possuir representações a respeito do mundo ou do problema a resolver. A estas representações, que podem ser implícitas ou explícitas, chamaremos conhecimento [Demazeau e Muller, 1990]. Este conhecimento pode ser obtido através da percepção ou da comunicação oriunda de outros agentes.

Da observação do comportamento de agentes pode-se abstrair um conjunto de objectivos, os quais não necessitam de estar explicitamente no interior dos agentes. Eles podem ser codificados em algoritmos, explicitamente dados ou aceites pelo contexto, ou por comunicações com outros agentes.

Dos conhecimentos e objectivos, o agente deve considerar um conjunto de possíveis soluções ou planos para atingir tais metas. Na existência de várias soluções possíveis, o agente deverá estar apto por escolher uma delas, isto é, deverá possuir capacidades de decisão.

3.4.1 Interacção

A interacção entre dois agentes pode ser classificada da seguinte forma [Demazeau e Muller, 1990]:

- **Forte**, quando envolve interacções entre as capacidades de decisão, possibilidades e conhecimentos dos agente;
- **Média**, quando relaciona, respectivamente, conhecimento e possibilidades de um agente com conhecimento e possibilidades de outro agente. São interacções entre capacidades de raciocínio e ocorrem quando um agente simplesmente tenta considerar o que um outro agente deseja concretizar;
- **Fraca**, quando os modelos de agentes estão relacionados apenas através do conhecimento. Neste caso, a interacção tem apenas lugar através de alterações

do mundo exterior, quer por meio de mensagens (comunicação) quer modificando o meio envolvente.

3.4.2 Coordenação

O estudo de diferentes tipos de situações em que os agentes podem necessitar de cooperar, incluindo as situações necessárias para resolver possíveis conflitos entre eles, levou a uma classificação genérica de Casos de Cooperação e Conflito (CCC) [Mouta, 1996]. Esta classificação permite elaborar políticas apropriadas na resolução deste tipo de problemas. Enquanto algumas destas situações necessitam de diferentes graus de negociação, outras requerem a aplicação de técnicas de resolução de conflitos. Os múltiplos agentes exibem um comportamento autónomo mas, ao mesmo tempo interagem com os outros agentes presentes no sistema.

A coordenação pode ser definida como o acto de trabalhar em conjunto de forma harmoniosa no sentido de atingir um acordo ou objectivo comum [Reis, 2003]. No entanto, o trabalhar em conjunto não implica necessariamente cooperação entre os agentes. No caso de agentes competitivos ou egoístas (i.e. agentes que estão unicamente interessados no seu bem pessoal), a coordenação estará centrada em processos adequados de resolução de conflitos, argumentação e negociação. Quando os agentes possuem uma noção de bem social e estão preocupados em atingir objectivos partilhados com outros agentes, ou seja, os agentes são cooperativos, então as metodologias de coordenação estão centradas na cooperação entre agentes e incluem essencialmente formas de resolver problemas globais de forma distribuída, criar equipas de agentes e realizar trabalho de grupo [Reis, 2003].

3.4.3 Comunicação de Agentes

Uma das características mais importantes nos Sistemas Multi-Agente é a capacidade de comunicação entre agentes, pois só assim pode haver troca de informação e conhecimento entre eles. Os sistemas modernos de computação frequentemente envolvem múltiplos computadores interagindo de forma distribuída [Finin et al, 1994]. Neste sentido, a capacidade de comunicação é um importante atributo que os agentes inteligentes devem possuir.

Ambientes que possuem mais do que um agente, praticamente exigem o intercâmbio de informações. Assim, torna-se claro a necessidade de uma linguagem de comunicação comum. Apesar desta afirmação ser clara e bem aceite pela comunidade científica, o problema é definir qual a linguagem ideal. Actualmente, não existe uma linguagem

padrão e aceite mundialmente para a representação de informações trocadas por agentes. Existem diversos níveis nos quais os sistemas baseados em agentes devem interagir [Finin et. al., 1994], nomeadamente:

- Transporte: como os agentes enviam e recebem mensagens;
- Linguagem: qual o sentido das mensagens individuais;
- Política: como os agentes estruturam as conversações;
- Arquitectura: como interligar sistemas em concordância com protocolos existentes.

No início da década de 90 foi fundado, nos Estados Unidos da América (EUA), o *Knowledge Sharing Effort* (KSE), financiado pelo DARPA⁵⁰, com o objectivo de desenvolver protocolos para a troca e representação de informação entre sistemas de informação autónomos. O KSE gerou dois produtos finais principais [Finin et al., 1993], nomeadamente:

- A linguagem KQML (*Knowledge Query and Manipulation Language*);
- formato KIF (*Knowledge Interchange Format*).

Existem outras linguagens definidas no âmbito da comunicação em Sistemas Multi-Agente, onde, de entre as mais utilizadas, destaca-se a ACL (*Agent Communication Language*) desenvolvida pela FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agents*).

3.4.3.1 KQML

A KQML é uma linguagem externa para comunicações entre agentes. Define um invólucro para formatar mensagens que determina o significado locutório da mensagem. O KQML não está preocupado com o conteúdo da mensagem, mas sim com a caracterização da informação necessária à compreensão desse conteúdo.

A linguagem de comunicação KQML não é mais do que uma linguagem de alto nível e um protocolo utilizados na inter-operacionalidade entre agentes em aplicações distribuídas. Esta linguagem tem sido adoptada no meio científico como a linguagem standard na comunicação entre agentes [Finin, et al., 1994].

Esta linguagem é baseada em regras que classificam a mensagem e que podem ser as seguintes:

⁵⁰ Defense Advanced Research Projects Agency – anteriormente designada por ARPA, criada em 07/02/58, foi renomeada em 23 de Março de 1973 e é o principal centro de investigação do Departamento de Defesa (DoD) dos EUA.

- Regras Nucleares – um pequeno grupo de primitivas definidas formalmente que definem outras regras;
- Regras *Standard* – incluem os nomes reservados utilizados pelos agentes;
- Regras Estendidas – são usadas por alguns grupos de agentes.

3.4.3.2 KIF

A KIF é uma linguagem que se destina explicitamente a representar o conhecimento sobre um domínio de discurso específico. Foi desenvolvida primariamente como forma de definir o conteúdo de mensagens expressas em KQML.

3.4.3.3 FIPA ACL

A linguagem de comunicação entre agentes ACL foi desenvolvida em 1995, pela FIPA, como resultado do desenvolvimento de standards para Sistemas Multi-Agente. A FIPA é uma organização sem fins lucrativos fundada em 1996 em Genebra, Suíça, cujo objectivo é estabelecer padrões para o desenvolvimento de agentes inteligentes.

A parte fulcral desta iniciativa situava-se ao nível do desenvolvimento de uma linguagem de comunicação para agentes [FIPA, 2001].

A ACL resultante é semelhante ao KQML, sendo primariamente uma linguagem de comunicação externa não obrigando à utilização de qualquer linguagem específica para o conteúdo. Esta linguagem é definida por 20 declarações organizadas em 5 categorias [Wooldridge, 2002]: Transferência de informação; Pedido de informação; Negociação; Acção; e Gestão de erros.

3.5 Negociação e Resolução de Conflitos

Num SMA, onde a presença de agentes com diferentes intenções e objectivos é constante, torna-se primordial estabelecer regras que permitam aos diferentes agentes negociarem entre si, pois só assim poderão atingir os objectivos a que se propõem. A negociação entre dois ou mais agentes consiste na troca de mensagens, suportada por um dado protocolo, com vista à obtenção de uma cooperação que lhes permita atingir os seus objectivos [Mouta, 1996].

O processo de negociação visa a resolução conjunta de problemas, tais como a distribuição de tarefas, a cooperação e comunicação entre agentes, a coordenação e manutenção da estabilidade do sistema.

3.5.1 Tipos de Negociação

Quando um agente pretende formular um pedido, de modo a obter ajuda de outros agentes, necessita de iniciar uma negociação e estabelecer o correspondente protocolo com os possíveis respondentes a esse pedido. Em sistemas Multi-Agente existem dois tipos principais de negociação:

- Rede Contratual (*Contract Net*) – é o processo de negociação iniciado por um dado agente A1, que pretende ser ajudado na realização de uma dada tarefa T1 e que, através da análise dos agentes que conhece, verifica que existe mais do que um agente com capacidade para realizar essa tarefa T1.
- Cliente/Servidor (*Client/Server*) – é o processo de negociação iniciado por um dado agente A1, que pretende ser ajudado na realização de uma dada tarefa T1 e que, através da consulta da informação que possui sobre os agentes, verifica que existe apenas um único agente com capacidade para realizar essa tarefa T1.

3.5.2 Protocolos de Negociação

O objectivo do processo de negociação consiste na decisão de atribuir as tarefas a desenvolver aos respectivos agentes, o que obriga os agentes a comunicarem e cooperarem entre si. A coordenação entre os agentes é vital na resolução de problemas distribuídos onde os recursos são utilizados por todos, recursos esses que podem ser físicos (por ex.: capacidade de computação) ou relativos à informação (por ex.: resultados das tarefas).

O protocolo de negociação é iterativo. Em cada iteração t ambos os agentes oferecem, em simultâneo, o acordo que lhes é mais favorável. Em nenhuma iteração um agente pode pedir mais do que pediu anteriormente, isto é, cada oferta ou é uma repetição da oferta anterior ou então é uma oferta com algum tipo de concessão.

As propostas trocadas entre agentes durante a fase de negociação, e consequentemente o acordo final, podem ser classificadas da seguinte forma [Zlotkin e Rosenschein, 1990]:

- **Acordo puro** – é uma redistribuição de tarefas pelos agentes. Consiste num par de planos a atribuir a cada um dos agentes (um conjunto de operações), e um planeamento (definição de uma ordem para a execução de todas as operações);
- **Acordo misto** – é um acordo puro, associado a uma dada probabilidade;

- **Acordo tudo ou nada** – é um acordo misto, em que apenas um dos agentes irá executar todas as tarefas.

Em relação ao término das negociações, ele pode decorrer de duas formas distintas:

- **Contradição** – em determinada iteração nenhum agente está disposto a efectuar mais concessões. O conjunto de negociação está vazio e pelo menos um dos agentes prefere permanecer no estado actual do que a efectuar qualquer plano conjunto.
- **Cooperação** – em determinada iteração um dos agentes oferece a outro agente mais do que este pede.

3.5.3 Resolução de Conflitos

Regra geral, em qualquer tomada de decisões onde o poder de decisão não esteja centralizada, podem surgir conflitos entre os diversos intervenientes. O mesmo se passa com os agentes que, quando confrontados, podem tomar duas atitudes: benevolentes ou egoístas. Os primeiros aceitam sem hesitar as solicitações dos demais enquanto os segundos somente actuam de forma cooperativa quando lhes é estritamente necessário.

Entre estas duas concepções radicais, adopta-se também uma postura intermédia, com a existência de agentes que cooperam por regra, desde que a sua acção não esteja em discordância com os seus objectivos predefinidos [Rocha e Oliveira, 1995; Sen e Durfee, 1994].

Ainda dentro desta concepção constata-se que o comportamento baseado na reciprocidade nas interacções conduz a um melhor desempenho a média prazo [Sekaran e Sen, 1995]. Assim, cooperar voluntariamente é benéfico ao próprio agente que coopera, considerando as expectativas de auxílio futuro que poderá receber.

Procurando reduzir as distâncias entre objectivos conflituosos, uma técnica usualmente adoptada é a de que cada agente relaxe nas suas exigências a negociar, aleatoriamente ou atendendo a argumentações, até que seja atingido um ponto aceitável [Lander e Lesser, 1993]. Contudo, neste processo, existe um problema importante, pois se não houver critérios adequados para a escolha dos objectivos e restrições impostas ao problema por cada agente que devem ser relaxados, os agentes envolvidos podem permanecer num ciclo infinito de pedidos e concessões, não convergindo para um consenso generalizado [Sycara, 1989]. Estudos em relação à proximidade ou não de diversos objectivos em cenários específicos são então indicados como uma necessidade forte para a condução adequada do processo de negociação.

3.6 Conclusões

Neste capítulo discutimos e aprofundamos o conceito de agente e SMA, com todas as suas características, vantagens e aplicações. Vimos ainda que o processo de comunicação entre agentes é um processo complexo que engloba a cooperação, negociação e resolução de conflitos.

Verificámos, porém, que o conceito suscita as mais variadas reacções por parte dos cientistas e estudiosos nesta matéria e é, sem dúvida, um tema onde existe um vasto campo a percorrer e a aprofundar, apesar dos avanços realizados nos últimos anos.

4 ESTUDO EXPLORATÓRIO

Este capítulo descreve um estudo exploratório realizado em Portugal, sobre a utilização da tecnologia VoIP, mais concretamente o uso de *softphones* por utilizadores finais. Elaborou-se um inquérito *on-line*, com algumas questões sobre a utilização desta tecnologia, para tentar obter a resposta a algumas questões, nomeadamente quais as aplicações mais utilizadas, quem as usa e com que finalidades.

4.1 Metodologia

Efectuar um estudo desta natureza constituiu uma tarefa bastante árdua, pois, para além de não existirem estatísticas sistematizadas ou bases de dados que permitissem identificar exactamente os utilizadores desta tecnologia, também se tornou complicado identificar uma aproximação que fosse capaz de motivar os potenciais utilizadores a expressarem as suas opiniões de forma massiva, sendo ainda mais difícil chegar ao contacto directo com os mesmos em tempo útil e em quantidade significativa.

Nesse sentido, optou-se por recorrer à Internet e ao seu enorme potencial. Assim, e através da empresa Quask⁵¹ foi possível elaborar um inquérito de forma gratuita, embora com algumas restrições.

Cientes de que se trata de um estudo exploratório, começou-se por definir os objectivos gerais, que se indicaram acima, para depois partir para os específicos. Em primeiro lugar, realizaram-se várias pesquisas que tiveram como finalidade averiguar a existência de trabalhos já realizados e consequentes resultados, bem como definir os indicadores que pudessem traduzir e avaliar a situação actual dos utilizadores desta tecnologia. Como consequência desse trabalho, elaborou-se um questionário que suportou este inquérito.

O questionário que foi aplicado obedeceu a uma organização estruturada com base em vários blocos de perguntas: uma parte introdutória de identificação e caracterização do utilizador, seguida de outra parte relativa aos seus conhecimentos e uma outra especificamente direccionada às aplicações em causa, respectivas características e finalidades.

O guião do questionário dividiu-se em três pontos temáticos:

1. Identificação sociográfica do inquirido;
2. Caracterização do seu conhecimento da tecnologia VoIP;

⁵¹ [Http://www.quask.com](http://www.quask.com)

3. Caracterização da(s) aplicação(ões) VoIP em uso, ou *softphones*, e respectivos objectivos;

O inquérito era composto por um conjunto de janelas com questões de resposta simples e rápida, em todo semelhante ao projecto elaborado no capítulo 6. O questionário somente era validado no final e, em seguida, submetido. É de salientar que na janela onde se questionava se o utilizador tinha conhecimento (de ouvir falar, de amigos, da Internet) da tecnologia em causa (VoIP), caso a resposta fosse negativa, a janela seguinte era imediatamente a última, acabando nesse momento o inquérito, visto ninguém utilizar uma tecnologia de que, pelo menos, nunca ouviu falar (embora o contrário seja perfeitamente plausível, tal como veremos mais adiante).

Depois de estruturado o questionário e definido o meio a utilizar para o aplicar, o passo seguinte consistiu em determinar a amostra, isto é, a forma de chegar aos potenciais utilizadores e como divulgar o site em que residia o questionário, de forma a que todos pudessem responder de forma simples, rápida e clara. Para o efeito, definiu-se uma amostra intencional através do envio de uma mensagem de *e-mail* a várias Escolas e Universidades a divulgar o site, o questionário e os seus objectivos, e foi introduzido um *banner* publicitário no site www.poderwap.net com uma ligação ao site do questionário. Com esta última acção pretendia-se abranger um campo mais vasto de potenciais utilizadores, e chegar a um público mais diversificado, não só a nível de idade, mas sobretudo a nível de habilitações e actividade profissional.

O questionário foi disponibilizado *on-line* desde o dia 1 de Outubro até ao dia 31 de Dezembro de 2005. O estabelecimento de um prazo para a recepção dos inquéritos prende-se com o facto de ter sido necessário restringir o número de respostas a considerar para a análise, uma vez que existiu um grau de participação muito significativo, e também pela limitação do tempo disponível pela ferramenta da empresa. Assim, obtivemos um feedback bastante positivo, com um total de 1043 respostas, das quais 966 foram validadas. Do total de participantes no inquérito, 77 questionários foram invalidados por incorrecção dos dados. A recepção do questionário foi realizada via *e-mail*. Os dados foram recolhidos, tratados e analisados recorrendo a uma folha de cálculo, em Janeiro de 2006.

Consideramos que os resultados deste estudo parecem constituir uma boa base de diagnóstico da utilização de *softphones*, pelo que se espera que possa igualmente constituir um ponto de partida para as empresas que desenvolvem *softphones*

conhecerem os seus utilizadores e as suas preferências, e assim desenvolverem os seus produtos de acordo com as expectativas dos utilizadores.

4.2 Enquadramento teórico

Um utilizador que se queira aventurar no uso de um *softphone*, independentemente de saber intrinsecamente o seu significado, tem de optar por um panóplia de soluções que existem actualmente no mercado.

Com a banalização da Internet, a penetração da banda larga de forma massiva nos lares Portugueses e a necessidade sentida pelos utilizadores de comunicarem a um ritmo cada vez maior, levou um maior número de empresas a oferecerem soluções nesta área, com proveito para o utilizador final que viu assim aumentar o número de aplicações mais completas e económicas.

Abordar a situação da utilização de *softphones* remete-nos primeiramente para a caracterização geral da utilização destas soluções em Portugal.

Se é verdade que existe uma grande variedade de empresas a oferecer serviços a nível mundial, tais como o Skype, o Google Talk e o VoipBuster⁵², entre dezenas de outras, em Portugal esse número restringe-se a duas soluções: o IOL Talki⁵³ e o Sapo Messenger⁵⁴, ambos gratuitos. No primeiro caso, a solução baseia-se numa aplicação desenvolvida pela Centile⁵⁵ e permite efectuar chamadas a custo zero entre utilizadores, 24 horas por dia, bem como chamadas para números fixos, móveis e internacionais a preços reduzidos. Neste último caso, o método de pagamento enquadra-se no modelo pré-pago.

No que concerne ao Sapo Messenger com VoIP, foi desenvolvido em parceria com a Jabber⁵⁶, em Denver, a Xten⁵⁷, em Vancouver, que desenvolveram o software de VoIP para a Vonage⁵⁸ e a Yahoo!⁵⁹, e a Critical Software⁶⁰, em Portugal, e visa o estabelecimento de chamadas de voz/vídeo entre computadores. Tal como o IOL Talki, o Sapo Messenger pode ser utilizado apenas em sistemas Microsoft Windows⁶¹.

⁵² [Http://www.voipbuster.com](http://www.voipbuster.com)

⁵³ [Http://ioltalki.iol.pt](http://ioltalki.iol.pt)

⁵⁴ [Http://www.sapomessenger.pt](http://www.sapomessenger.pt)

⁵⁵ [Http://www.centile.com/release-media-capital-launches.php](http://www.centile.com/release-media-capital-launches.php)

⁵⁶ [Http://www.jabber.org](http://www.jabber.org)

⁵⁷ [Http://www.xten.net](http://www.xten.net)

⁵⁸ [Http://www.vonage.com](http://www.vonage.com)

⁵⁹ [Http://www.yahoo.com](http://www.yahoo.com)

⁶⁰ [Http://www.criticalsoftware.com](http://www.criticalsoftware.com)

⁶¹ Iremos, mais adiante, abordar as características específicas destas aplicações.

Existe uma série de funcionalidades e de possibilidades que estão a ser estudadas por ambas as empresas, contemplando aspectos como permitir a portabilidade de um número da rede fixa para VoIP, ou atribuir um número de telefone a cada utilizador deste tipo de serviços. Para já, a ANACOM – a autoridade nacional que regula, supervisiona e representa o sector das comunicações em Portugal – está a estudar as propostas. Prevê-se que a resposta não surja em breve, uma vez que as evoluções pretendidas envolvem com quantidade considerável de aspectos legais. Até lá, os utilizadores de VoIP residencial terão que aguardar por características mais apelativas, se bem que o custo reduzido que as chamadas de VoIP representam é, por si só, um óptimo elemento de persuasão.

4.3 Situação social da amostra: alguns dados exploratórios

A informação seguinte tem como objectivo caracterizar sociograficamente os utilizadores das aplicações VoIP que participaram no presente estudo e responder, assim, a um conjunto de questões, tais como:

- Qual a sua idade?
- Quais as suas habilitações literárias?
- Qual a sua actividade?

4.4 Caracterização sociográfica da amostra

Como se pode verificar pela figura 21, uma grande parte da amostra (47,7%) tem idades compreendidas entre os 21 e os 30 anos, ainda que exista uma percentagem importante (34,9%) de utilizadores cuja idade se situa entre os 16 e os 20 anos. Assim, verificamos que 82,6% da nossa amostra está compreendida no intervalo dos 16 aos 30 anos. A idade média dos participantes encontra-se nos 24,6 anos de idade.

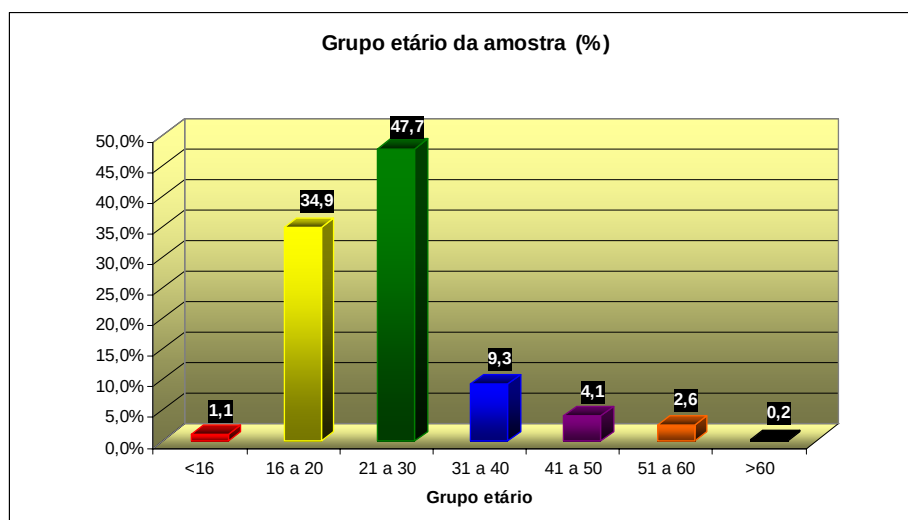


Figura 21 – Distribuição da amostra por grupos etários (%)

A nível de habilitações literárias, podemos concluir que estamos perante uma amostra muito escolarizada, em que mais de metade (58,3%) possui o ensino secundário, 22,6% um curso superior e 14,6 % uma pós-graduação, como se pode verificar na figura 22.

Somente uma pequena minoria possui um baixo nível de escolaridade: 3% com formação básica e somente 1% dos participantes não tem a escolaridade obrigatória. Existe ainda um valor, embora residual (1,6%), que respondeu possuir outro tipo de habilitação literária.

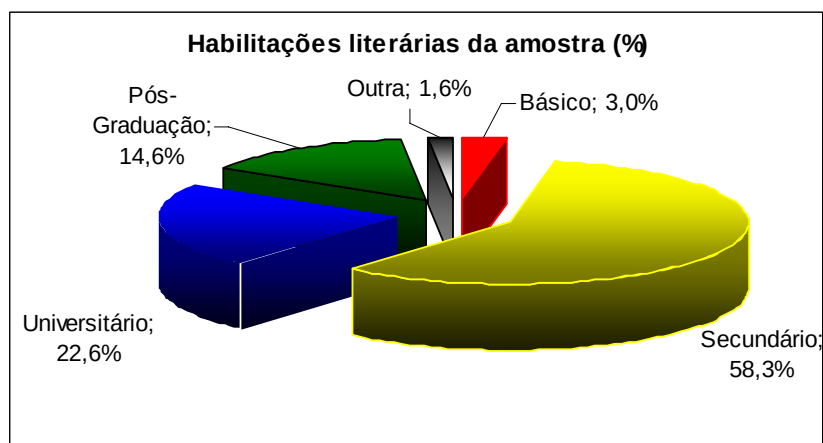


Figura 22 – Distribuição da amostra por habilitações literárias (%)

De acordo com a figura 23, em relação à actividade exercida pelos utilizadores que participaram neste estudo, podemos constatar que um número significativo de inquiridos (12,2%) está simultaneamente a trabalhar e a estudar. A esmagadora maioria (63,9%) é estudante, sem exercer qualquer actividade profissional, e a parte unicamente trabalhadora regista 19,2%.

É de salientar o baixo índice de desempregados que participaram neste estudo (0,6%) e também de domésticas (0,2%), embora este último seja mais compreensível devido à natureza da tecnologia em causa. O número de participantes que responderam ter outra actividade é de 3,9%.

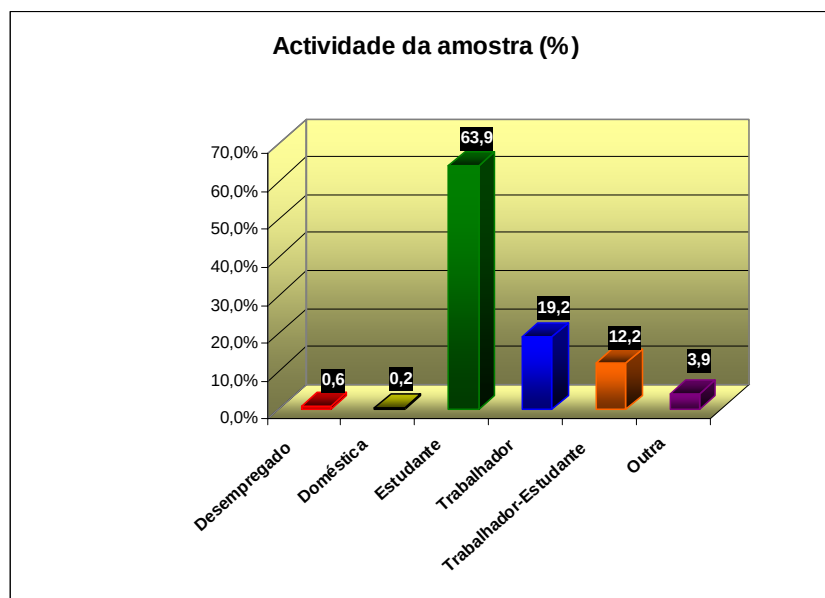


Figura 23 – Distribuição da amostra por actividade profissional (%)

4.5 Conhecimento da terminologia e tecnologia VoIP

Relativamente ao conhecimento da terminologia e da sua tecnologia, podemos verificar que a grande maioria (65%) dos participantes já ouviu falar de VoIP (ou voz sobre IP) e sabe qual é o seu significado, enquanto que 26,9% o desconhece por completo. Quanto à parte da amostra que já ouviu falar de VoIP, mas não sabe o seu significado, registamos apenas 8%, conforme os resultados apresentados na figura 24.

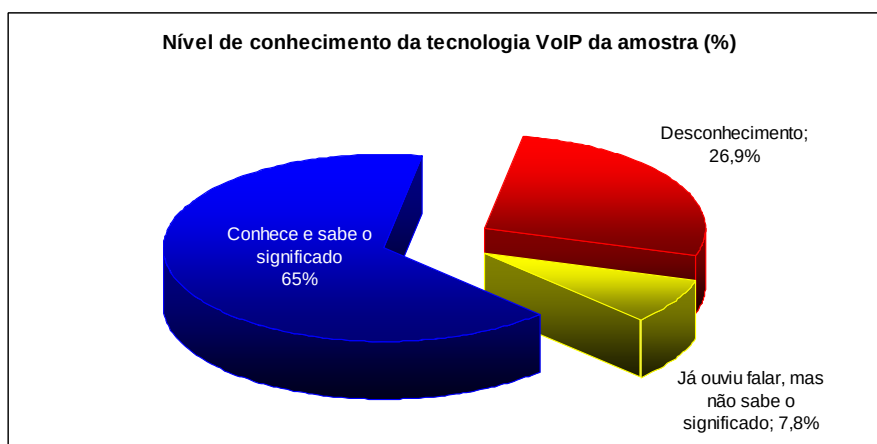


Figura 24 – Nível de conhecimento da tecnologia VoIP da amostra (%)

Contudo, para averiguar se os utilizadores que conhecem a tecnologia VoIP também a utilizam, dividimos esta análise em cinco grupos, nomeadamente:

- Sim, sei e uso – engloba os utilizadores que conhecem o termo VoIP, sabem o que a tecnologia significa e utilizam-na;
- Sim, sei mas não uso – engloba os utilizadores que conhecem o termo VoIP e a sua tecnologia, embora não a utilizem;
- Sim, não sei mas uso – engloba os utilizadores que conhecem o termo VoIP, mas não sabem o significado da tecnologia, embora a utilizem;
- Sim, não sei e não uso – engloba os utilizadores que conhecem o termo VoIP, mas não sabem o seu significado e não a usam;
- Desconhecimento – engloba aqueles que não a usam porque nunca ouviram falar no termo VoIP.

Esta análise era importante para aferir vários aspectos que se consideraram importantes, nomeadamente:

- A notoriedade do termo VoIP e respectivo significado;
- Relacionar o uso da tecnologia com o seu conhecimento.

De acordo com a figura 25, os resultados obtidos foram bastante surpreendentes, visto que 63,5% da amostra não só tem um conhecimento do conceito como também da tecnologia que lhe é inerente.

Outro factor a realçar prende-se com o número de utilizadores que, conhecendo a tecnologia, não a utiliza (1,9%) ser mais elevado do que aqueles que desconhecem o seu significado (0,7%), o que pode indicar que o que leva as pessoas a não adoptarem uma determinada tecnologia pode não ser o facto de a conhecer ou não, mas sim a respectiva utilidade.

Por fim, cerca de 1 em cada 4 (26,9%) participantes respondeu que nunca ouviu falar em VoIP, o que não deixa também de ser um valor considerável.

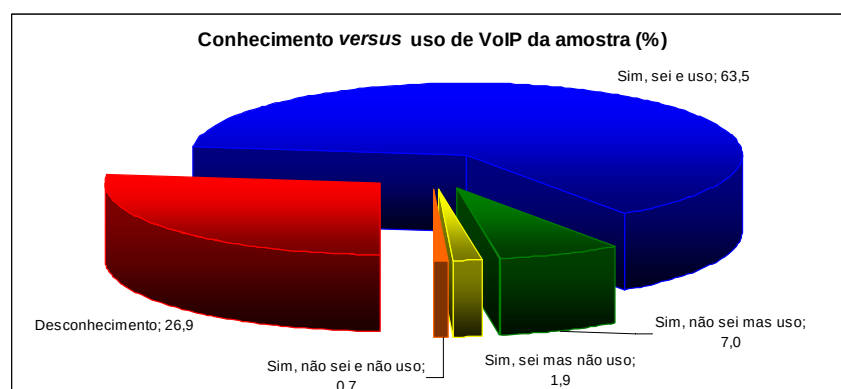


Figura 25 – Relação entre o conhecimento e o uso de VoIP da amostra (%)

Quando relacionamos os participantes que desconhecem o termo VoIP com a respectiva actividade, podemos concluir que uma grande maioria destes é estudante (75%), ou seja, 3 em cada 4 utilizadores (ver figura 26).

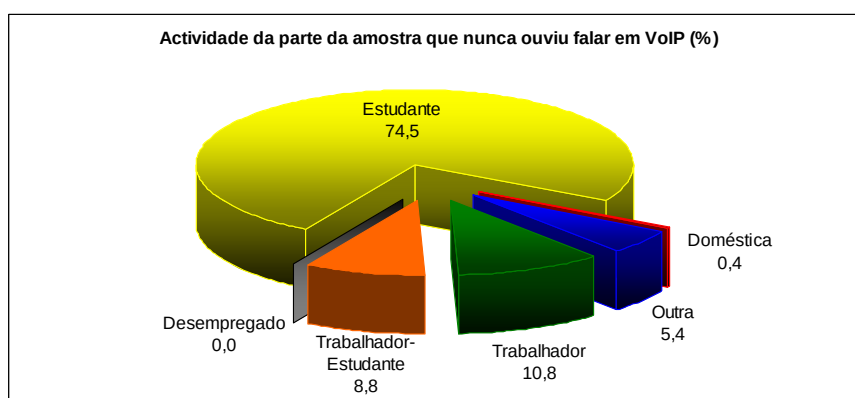


Figura 26 – Actividade da parte da amostra que nunca ouviu falar em VoIP (%)

Ainda considerando a parte da amostra que nunca ouviu falar em VoIP, relativamente às suas habilitações literárias, constatamos que a maior parte (72,7%) tem formação secundária e somente 1,2% possui uma formação básica. É de salientar também que uma em cada quatro (25%) resposta negativa foi indicada por pessoas com formação superior, o que não deixa de ser um factor significativo (ver figura 27).

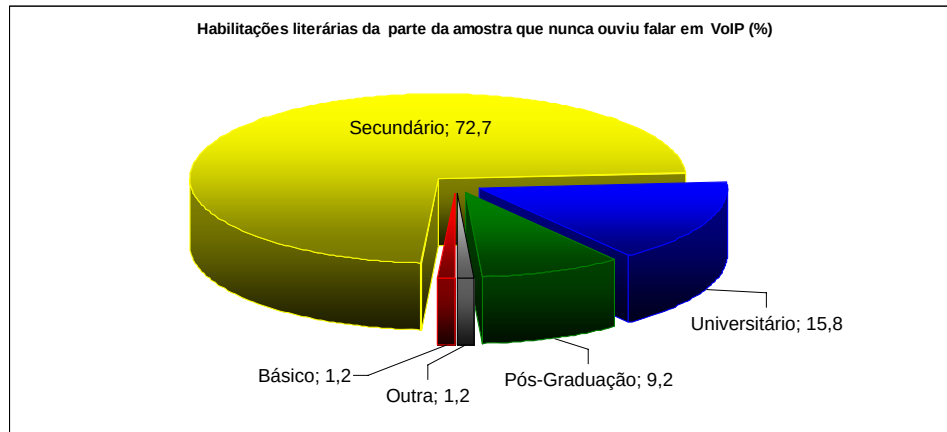


Figura 27 – Habilitações literárias da parte da amostra que nunca ouviu falar em VoIP (%)

Relativamente à idade dos participantes que nunca ouviram falar de VoIP, podemos observar que mais de metade da amostra (51,2%) está compreendida entre os 16 e os 20 anos, o que nos permite concluir que a idade poderá ter alguma influência no conhecimento da tecnologia (ver figura 28).

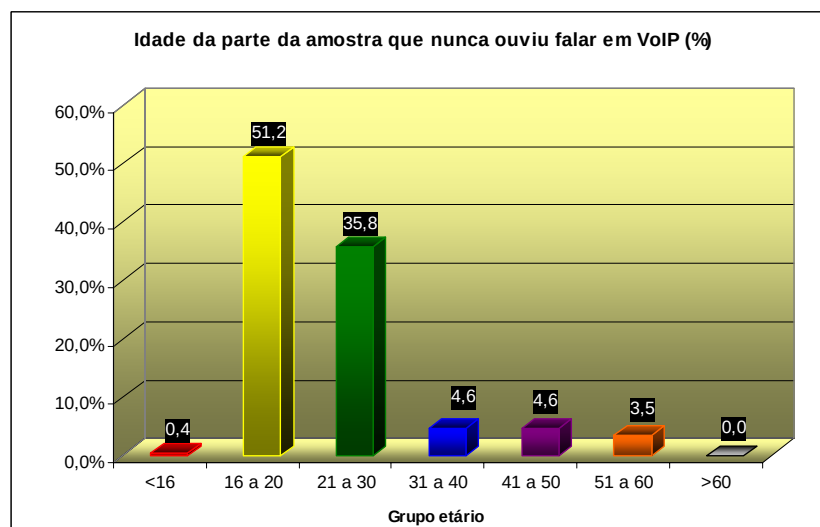


Figura 28 – Idade da parte da amostra que nunca ouviu falar em VoIP (%)

4.6 Factor de escolha da tecnologia VoIP

Quando questionados sobre a razão da escolha desta tecnologia, observamos que a esmagadora maioria dos participantes (76,6%) respondeu que o motivo é o preço reduzido das chamadas, como se pode observar na figura 29. O facto de facilmente se poder comunicar com vários utilizadores em simultâneo foi a segunda escolha (12,2%), e a oferta de vários serviços numa única aplicação foi eleita como terceira razão com 10,3%. Uma insignificante percentagem (0,9%) da amostra escolheu outra razão para a motivação para o uso desta tecnologia.

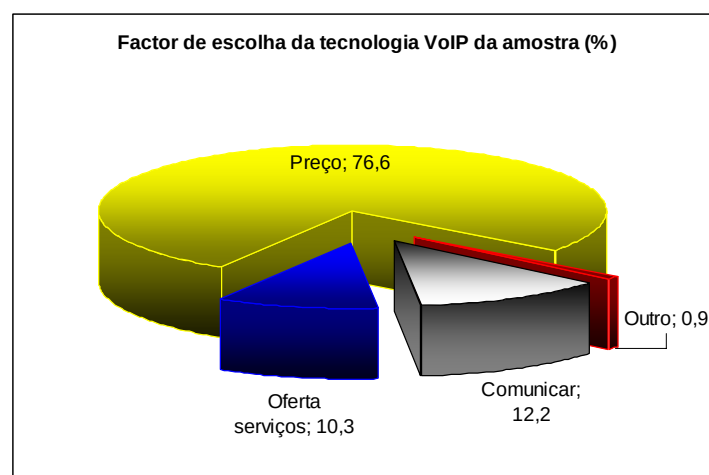


Figura 29 – Factor de escolha da tecnologia VoIP da amostra (%)

4.7 Aplicação(ões) VoIP utilizada(s)

De acordo com a figura 30, quanto ao número de aplicações utilizadas pelos participantes neste estudo, verificamos que praticamente 1 em cada 3 (31,7%) inquiridos utiliza somente uma aplicação. Com uma ligeira diferença (2,1%), verificamos que 29,5% dos participantes não utiliza qualquer aplicação (destes, verificamos que a esmagadora maioria (91,2%) não usa por desconhecimento completo da tecnologia, 6,3% já ouviu falar e sabe o significado da tecnologia e 2,5% já ouviu falar mas desconhece o significado da tecnologia).

Com duas aplicações registamos 24,1% dos participantes, isto é, praticamente uma em cada quatro respostas, e com 3 aplicações temos 11,3% de participantes. Existe ainda um conjunto de valores residuais, nomeadamente 2,1% que utiliza 4 aplicações e 1,2% que utiliza um número superior a quatro aplicações.

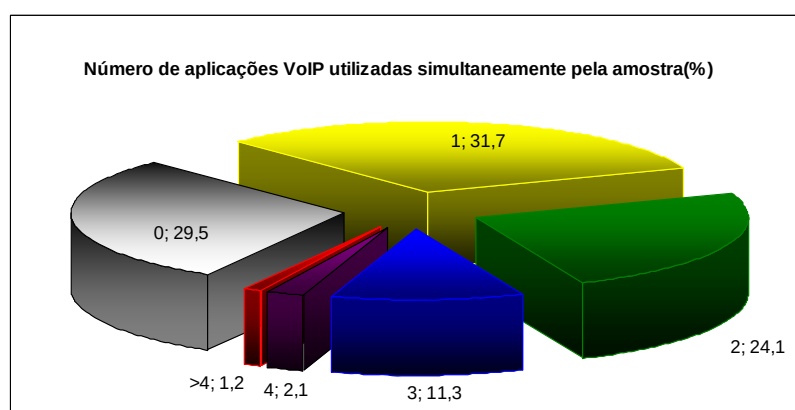


Figura 30 – Número de aplicações VoIP utilizadas simultaneamente pela mostra (%)

Contudo, e se considerarmos apenas aqueles participantes que responderam que utilizavam somente uma única aplicação, observamos que o MSN Messenger (40,5%)

tem uma ligeira supremacia relativamente ao Skype (38,6%), e na terceira posição, e já a uma distância significativa, encontramos o VoipBuster (13,7%). Por fim, registamos valores residuais relativamente ao IOL Talki e ao SAPO Messenger com 1% cada e, na última posição, o Google Talk e o Yahoo com 0,7% cada. É de salientar que 3,9% da amostra afirmou usar outra aplicação (ver figura 31).

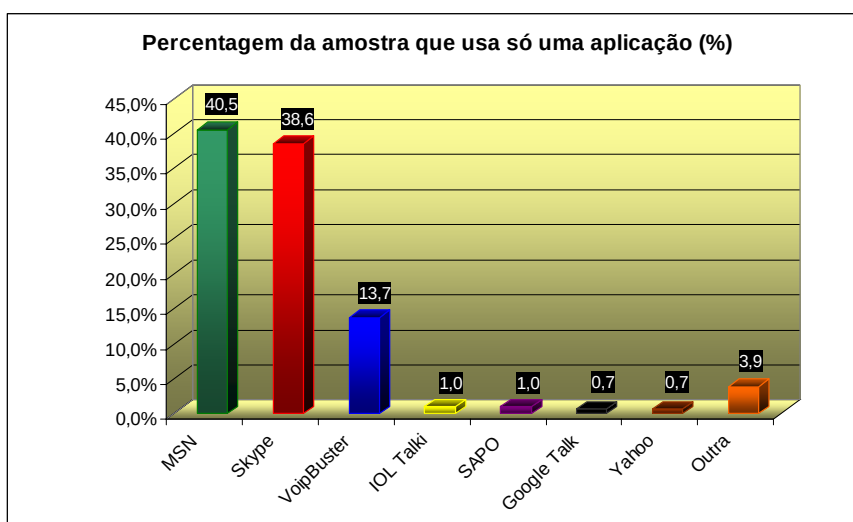


Figura 31 – Percentagem da amostra que utiliza só uma única aplicação VoIP (%)

No entanto, se analisarmos agora as aplicações de forma agregada, isto é, todas aquelas aplicações que foram indicadas pelos participantes, verificamos que os resultados são ligeiramente diferentes. Se a nível da liderança não existem grandes diferenças (a distância dos dois primeiros diminui de 2% para 0,5%), o mesmo não se passa com as restantes aplicações. Assim, verificamos que existem aumentos significativos como também registamos a entrada de novos players. O VoipBuster aumenta a sua taxa de penetração de 13,8% para 17,8%, o Google Talk, com o aumento mais significativo, passa de 0,7% para 6,7% e o SAPO Messenger e o IOL Talki passam de 1%, cada um, para 4,6% e 2,6%, respectivamente. Por fim, constatamos a entrada do Net2phone, embora com um valor residual de 0,9%.

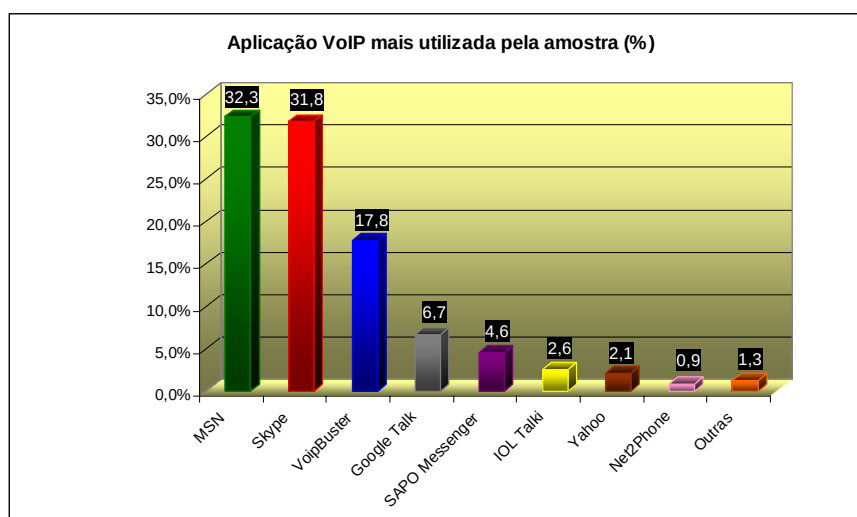


Figura 32 – Aplicação VoIP mais utilizada pela amostra (%)

4.8 Factor de escolha da aplicação VoIP

Quanto ao critério de escolha que levou o utilizador a optar por uma determinada aplicação VoIP, em detrimento de outra, constatamos que a maior parte dos participantes indicou a “usabilidade” como factor principal (33,4%). Imediatamente a seguir, com 28,2%, registamos a notoriedade (conhecimento da marca) como factor de escolha, e em terceiro lugar, embora bem mais distante, temos a quantidade de serviços oferecidos com 14,8% e a fiabilidade com 13,1%. Como última escolha temos a assistência com 0,7%. Com outros motivos registamos 9,7% das respostas.

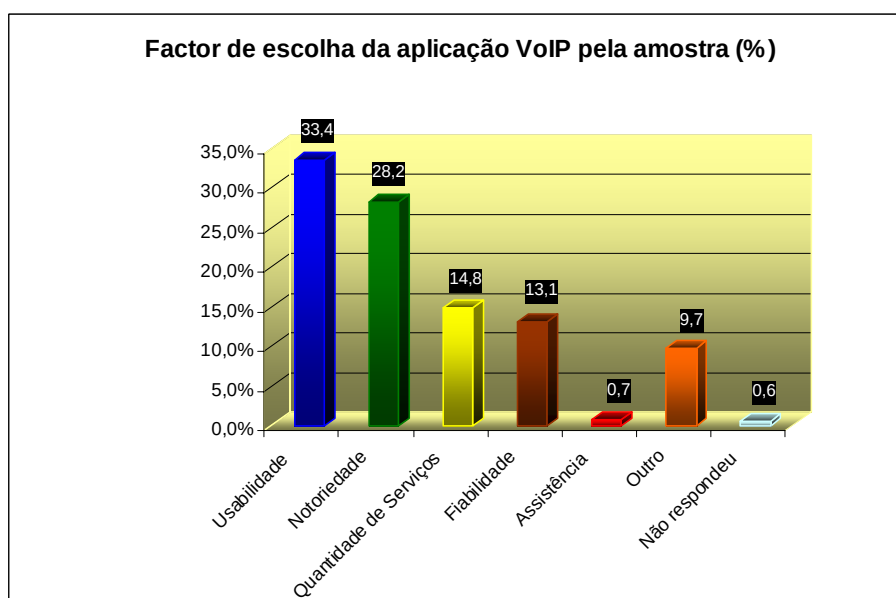


Figura 33 – Factor de escolha da aplicação VoIP pela amostra (%)

Uma análise igualmente interessante é tentar relacionar a aplicação utilizada com o respectivo factor de escolha. Assim, e começando pelo factor mais escolhido – a

“usabilidade” – com 33,4%, observamos que o MSN Messenger (39,8%) lidera com uma boa margem sobre o Skype (32,7%). As restantes aplicações encontram-se na mesma ordem indicada acima (ver figura 24).

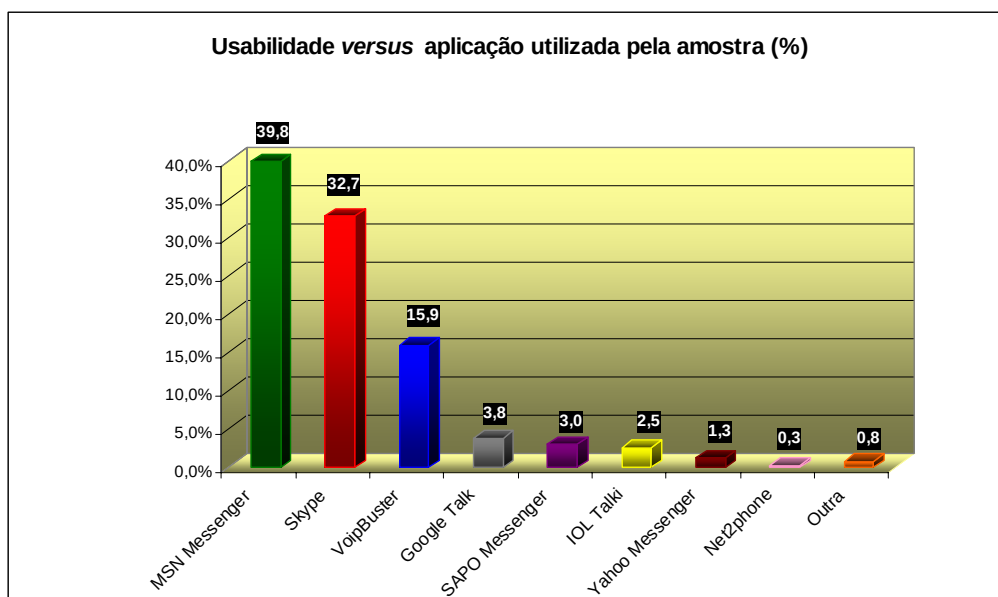


Figura 34 – “Usabilidade” versus aplicação utilizada pela amostra (%)

Relativamente à notoriedade, o segundo factor mais votado com 28,2%, observamos que existe uma troca no topo das aplicações, isto é, o MSN Messenger (36,5%) desce para segundo lugar sendo a liderança tomada pelo Skype (38,4%). As restantes aplicações encontram-se na mesma ordem indicada anteriormente e sem grandes alterações.

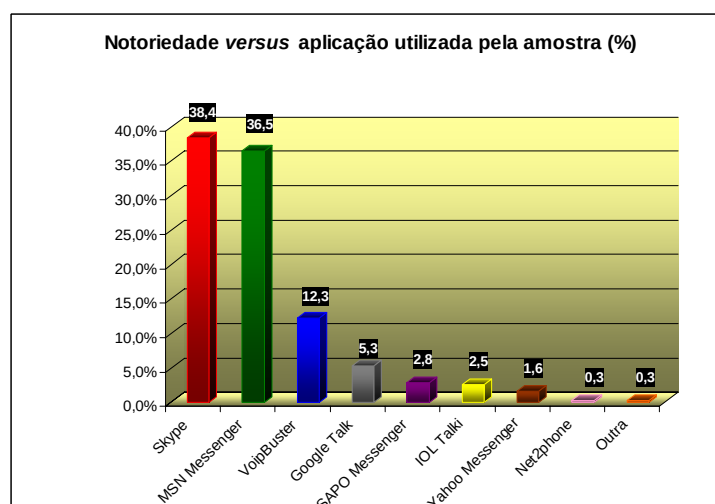


Figura 35 – Notoriedade versus aplicação utilizada pela amostra (%)

No que diz respeito ao terceiro factor mais votado, a quantidade de serviços com 14,8%, encontramos a verdadeira razão do facto do MSN Messenger (34,8%) ser mais utilizado

que o Skype (27,5%). Realmente é na quantidade de serviços oferecidos que a aplicação da Microsoft ganha, já que oferece, para além de serviços de voz, serviços de conversação *on-line* (*chat*), transferência de ficheiros e jogos *on-line*, enquanto o Skype é uma aplicação cujo *core business* é puramente o VoIP.

As restantes aplicações encontram-se praticamente na mesma ordem indicada anteriormente (ver figura 36).

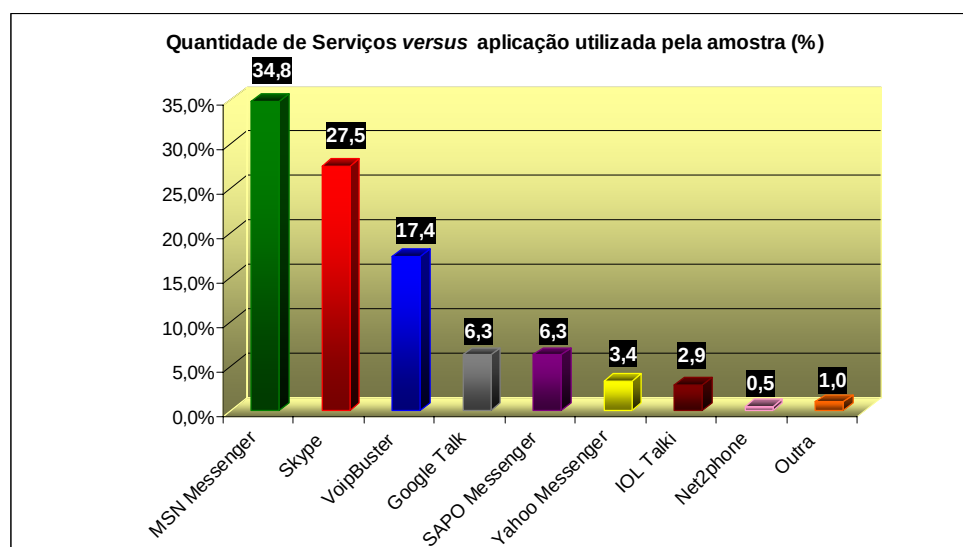


Figura 36 – Quantidade de Serviços versus aplicação utilizada pela amostra (%)

É na fiabilidade, o quarto factor mais votado com 13,1%, que aparece o resultado mais interessante. Começando pelo topo, o Skype é eleito por 39,4% contra 27,8% do MSN Messenger fazendo jus, deste modo, à sua boa reputação que detém no mercado quanto à sua fiabilidade. Na terceira, quarta e quinta posição não existem grandes novidades, ou seja, encontramos o VoipBuster (15,6%), o Google Talk (10%) e o SAPO Messenger (2,2%) respectivamente. Já a sexta posição é assumida pelo Yahoo Messenger (1,7%), depois aparece o Net2phone logo a seguir, na sétima posição, com 1,1% e, na última posição, encontramos o IOL Talki com 0,6%. Por fim, existe um grupo de 1,7% dos participantes que utiliza outra aplicação tendo apontado a fiabilidade como razão para tal (ver figura 37).

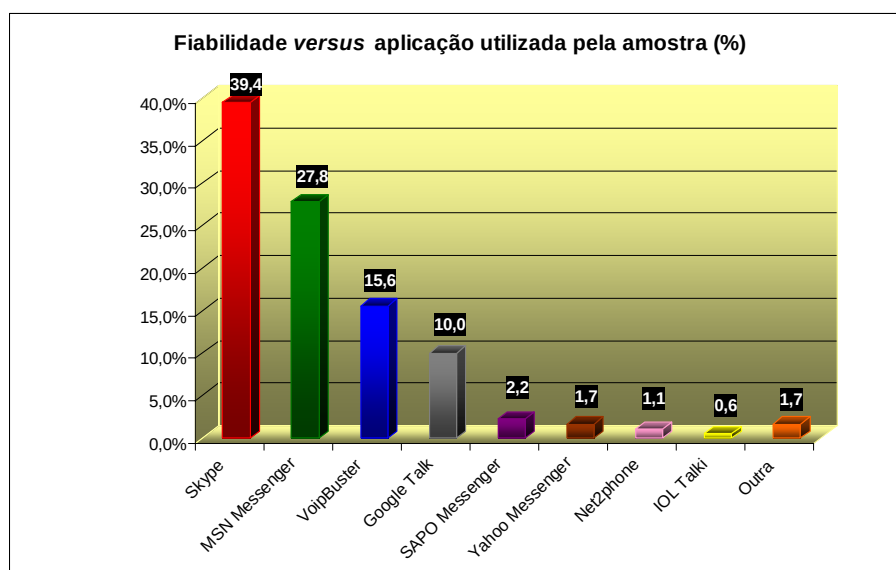


Figura 37 – Fiabilidade versus aplicação utilizada pela amostra (%)

4.9 Tempo de utilização

Quando analisamos há quanto tempo a aplicação é utilizada, verificamos que a nossa amostra apresenta valores extremos, isto é, 68,2% utiliza-a há menos de 1 ano (onde 35,7% usa-a há 1 ano e 22,6% há 6 meses) e 19,5% há mais de 2 anos (ver figura 38).

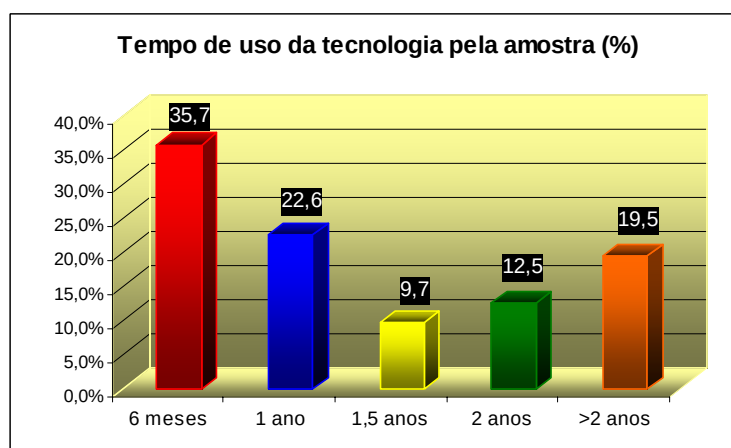


Figura 38 – Tempo de uso da tecnologia pela amostra (%)

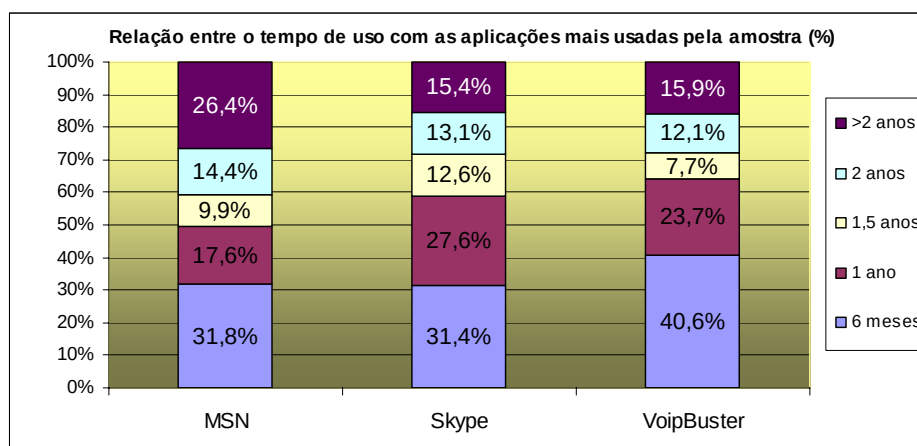


Figura 39 – Relação entre o tempo de uso com as aplicações mais usadas pela amostra (%)

Os dados apontados na figura 39 são significativos pois permitem aferir até que ponto o tempo de utilização da aplicação tem impacto no seu uso. Os valores recolhidos permitem observar que existe uma importância significativa do factor tempo, isto é, se analisarmos a nível temporal o uso de cada aplicação, vemos que o VoipBuster é mais usado do que o Skype ou mesmo o MSN Messenger. Isto pode indicar que, se o MSN Messenger é a aplicação mais utilizada, tal deve-se, em parte, ao facto de ser também a mais antiga no mercado e, por consequência, uma das mais conhecidas.

Assim, e à medida que o tempo avança, o peso do MSN Messenger, num futuro próximo, poderá ser cada vez menor, em especial face ao Skype e ao VoipBuster.

4.10 Classificação da qualidade de som

Um outro factor importante que se pretendeu aferir com este estudo foi a qualidade de som de cada aplicação. Este é, sem dúvida, um dos factores importantes para permitir não só classificar as aplicações neste item, como também perceber qual é o impacto da qualidade na escolha de uma aplicação ou mesmo na adopção da tecnologia em si. A escala variou de 1 (péssimo) a 7 (ótimo).

As aplicações Skype (4,9), VoipBuster (4,5) e Yahoo (4,5) obtiveram as melhores classificações, sendo os restantes resultados obtidos bastante significativos, na medida em que o MSN Messenger obteve a pior classificação de todas (3,9), como também podemos concluir que existe uma relação directa entre o uso de outra aplicação com a respectiva qualidade de som, na medida em que os utilizadores a classificam com 5,6 – a melhor classificação de todas (ver figura 40).

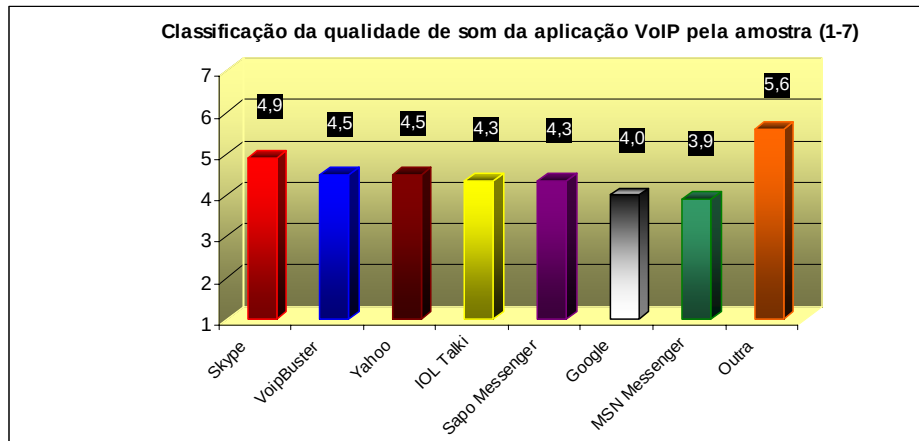


Figura 40 – Classificação da qualidade de som da aplicação pela amostra (%)

4.11 Outros serviços

Quando questionados quanto ao uso de outras funcionalidades, ou serviços, que a aplicação VoIP proporciona, 41,1% dos participantes utilizam a conversação on-line (chat), 31,3% afirmam que a utiliza para transferência de ficheiros e 20,7% afirmam usar para comunicar por vídeo. Uma ínfima parte (0,2%) da amostra afirma utilizar outro serviço e 6,8% dos participantes não respondeu (N/R) a esta questão (ver gráfico 20).

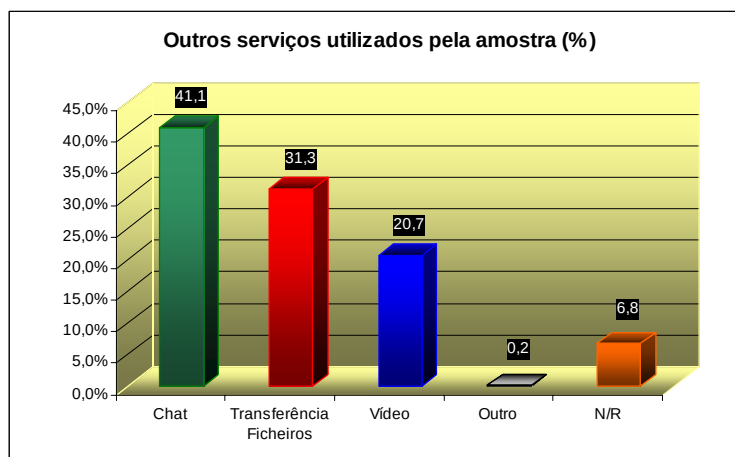


Figura 41 – Outros serviços utilizados pela amostra (%)

4.12 Rede utilizada

Relativamente à rede para a qual os utilizadores comunicam, o resultado obtido demonstrou que a grande maioria dos participantes (67,9%) utiliza a aplicação para comunicar pela Internet. Quanto à rede fixa, 15,5% dos participantes utilizam a aplicação para efectuar chamadas a nível nacional, enquanto que as chamadas

internacionais representam 10,9% do total. Para a rede móvel o valor situa-se nos 5,7% (ver figura 42).

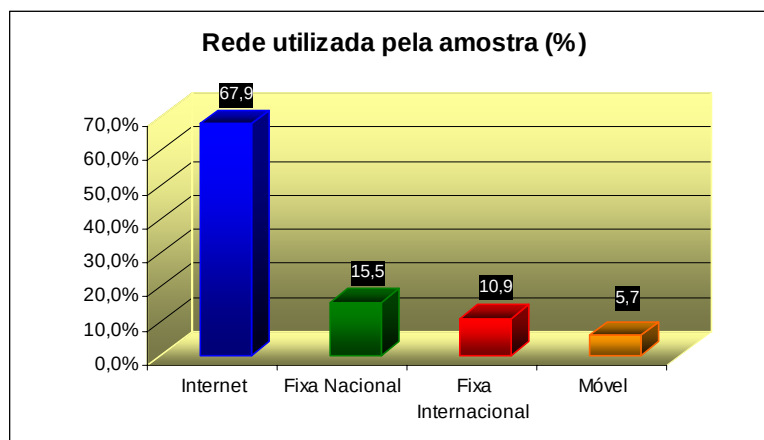


Figura 42 – Rede utilizada pela amostra (%)

4.13 Finalidade

Quanto ao âmbito do uso da aplicação, o resultado obtido demonstra que a esmagadora maioria dos participantes (79,8%) utiliza a aplicação VoIP para fins particulares, enquanto somente 2,8% o faz para uso profissional. Existe ainda 17,4 % da amostra que utiliza a aplicação para ambos os fins (ver figura 43).

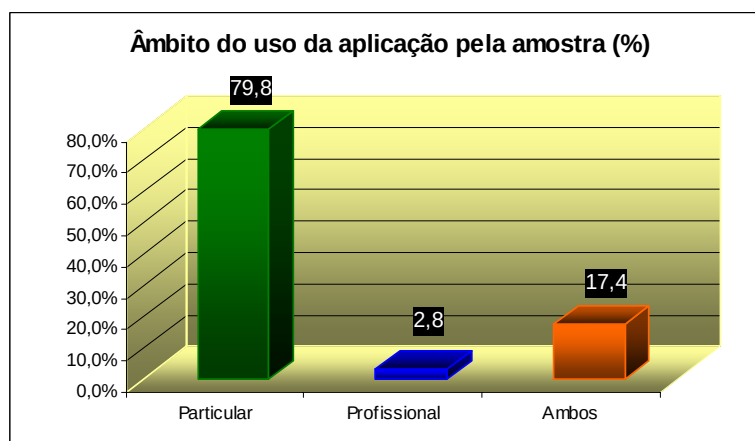


Figura 43 – Âmbito do uso da aplicação pela amostra (%)

4.14 Conclusão

Deste estudo, baseado numa amostra jovem, escolarizada, com bons conhecimentos da tecnologia VoIP e constituída por 966 participantes, conclui-se que a grande maioria usa-a para fins particulares, recorrendo à Internet para efectuar chamadas, sendo o preço um factor crucial para a sua utilização. Quanto às aplicações usadas e respectiva qualidade do som, as direccionadas somente para o VoIP obtêm melhor classificação do

que aquelas que oferecem uma gama de serviços adicionais, onde a qualidade de som não é um factor crítico na sua adopção. Este estudo serviu igualmente para recolher as preferências dos utilizadores desta tecnologia, de modo a conceber um Assistente Pessoal, que permite auxiliar o utilizador na escolha da melhor aplicação VoIP que vá ao encontro dos seus requisitos.

No capítulo seis analisaremos, ainda com mais detalhe, alguns destes critérios, tentando perceber quais os que têm maior impacto na escolha da aplicação.

5 APLICAÇÕES VoIP PREFERIDAS DA AMOSTRA

“I knew it was over when I downloaded Skype” - Michael Powell.

A declaração acima referida foi citada por Michael Powell, fundador e CEO da *Federal Communications Commission* (FCC), nos EUA, que antevia uma nova caminhada na era da voz sobre IP. Esta frase resumia a sua admiração pelo programa Skype que, lançado em Agosto de 2003, marcaria um ponto de viragem no modo como o mundo comunicava nesta área. Desde então, o mundo das telecomunicações tem sofrido uma mutação a um ritmo vertiginoso e constante, derivado não só à rápida proliferação da implementação da banda larga, como também ao surgimento de várias soluções no mercado de VoIP.

De acordo com o instituto de pesquisa IDC⁶² (*International Data Corporation*), o número de utilizadores residenciais de VoIP nos EUA, actualmente com mais de 3 milhões, deverá chegar a 27 milhões em 2009. Obviamente, estes valores existem essencialmente nos EUA, onde o VoIP atinge os 53% de utilizadores da Internet. Na Europa o valor é reduzido para menos de metade, perto de 23% de utilizadores e na Ásia esse valor é ainda menor, cerca de 15%. Por outro lado 64% do tráfego na Internet é peer-to-peer (P2P) e se for levado em conta o tráfego gerado por programas como o Direct Connect⁶³, o BitTorrent⁶⁴, o eDonkey⁶⁵, o Kazaa⁶⁶, o eMule⁶⁷ e o WinMX⁶⁸ este valor sobre para 85%⁶⁹.

O mercado empresarial está a migrar rapidamente para o VoIP e, em muitos casos, sem que o utilizador final se aperceba. Como exemplos, podemos indicar dois casos, entre muitos outros existentes:

- A americana *Heinz* migrou todas as comunicações internacionais para a sua rede IP e substituiu todos os aparelhos telefónicos tradicionais por aparelhos VoIP acoplados aos computadores dos seus funcionários, resultando numa economia total na ordem dos 35%;

⁶² [Http://www.idc.com](http://www.idc.com)

⁶³ [Http://www.neo-modus.com](http://www.neo-modus.com)

⁶⁴ [Http://www.bittorrent.com](http://www.bittorrent.com)

⁶⁵ [Http://www.edonkey2000.com](http://www.edonkey2000.com)

⁶⁶ [Http://www.kazaa.com](http://www.kazaa.com)

⁶⁷ [Http://www.emule-project.net](http://www.emule-project.net)

⁶⁸ [Http://www.winmx.com](http://www.winmx.com) (actualmente este software já não é distribuído)

⁶⁹ Segundo Henry Sinnreich, um dos membros fundadores do quadro de directores do International SIP-Forum, no “IP Voice Meeting 2005”, realizado no Centro Cultural de Belém, Lisboa

- A *British Telecom* (BT) está a migrar o seu tráfego de voz das tradicionais redes comutadas para a rede IP por essas serem significativamente mais baratas para manter e operar que as redes comutadas. Além disso, permite ao operador adicionar, de uma maneira mais fácil, um maior número de serviços do que numa rede tradicional.

Adicionalmente, a tecnologia VoIP oferece a convergência de serviços que antes eram contratados a empresas especializadas, tais como vídeo-conferências, sessões de formação conjuntas, trabalhos conjugados (*online collaboration*), etc.

No entanto, o mercado empresarial não irá migrar tão rápido quanto algumas das empresas fornecedoras de soluções VoIP gostariam. A razão é simples: várias companhias investiram muito na modernização da sua estrutura de PABX. O custo de mudança para um ambiente IP (incluindo o IP PBX) é difícil de justificar num mercado onde as tarifas por minuto para clientes corporativos são normalmente baixas, em função do grande volume e da competição feroz por esses clientes. Actualmente, apenas as companhias que justificam um grande volume para integração voz/dados conseguem efectuar essa migração.

Por outro lado, existem cada vez mais empresas da área a incentivar o uso desta nova tecnologia: Vonage⁷⁰, Net2Phone⁷¹, inClarity⁷², Gossiptel⁷³, Babble⁷⁴, MSN, Skype e muitas outras estão a lutar pelo mercado e para atrair clientes para as suas redes. E nem precisamos de ter um computador para falar: empresas como a ZyXel⁷⁵, RTX⁷⁶, VTech⁷⁷ e UTStarcom⁷⁸, entre outras, estão a vender telefones IP que podem ser ligados em portas USB ou sem fios.

Outro aspecto a ser considerado é a dificuldade das empresas em fidelizarem os clientes baseado apenas na adopção de preços baixos. Caso o serviço seja gratuito, ou com preços semelhantes, os utilizadores tendem a utilizar o serviço mais conveniente. A expectativa é, então, de que as oportunidades surjam na integração com outras

⁷⁰ <http://www.vonage.com>

⁷¹ <http://www.net2phone.com>

⁷² <http://www.inclarity.co.uk>

⁷³ <http://www.gossiptel.com>

⁷⁴ <http://www.babble.net>

⁷⁵ <http://www.zyxel.com>

⁷⁶ <http://www.rtx.dk>

⁷⁷ <http://www.vtech.com>

⁷⁸ <http://www.utstar.com>

aplicações de massa já incorporadas pelo Mercado, tais como MSN, Google, AOL⁷⁹, etc.

De acordo com o Gartner Group⁸⁰, 95% das empresas americanas iniciarão até 2008 a convergência total das suas redes de voz e dados numa única rede IP e 40% irão finalizar esse processo.

A crescente utilização da banda larga é a maior responsável pelo aumento no consumo do VoIP. Mundialmente, o número de assinantes ultrapassou 100 milhões em Fevereiro de 2005 e a penetração está a crescer rapidamente. O factor novidade, que ao longo do tempo faz com que algumas tecnologias caiam no esquecimento, neste caso será mitigado em função da redução dos custos de adopção da tecnologia.

A grande diferença deste sistema é que ele elimina, em parte ou totalmente, o tráfego pelas redes de telefonia convencionais, que usam duas variáveis para fixar as suas tarifas: tempo e distância. Já com a tecnologia VoIP, o pacote de voz viaja pela Internet, sem se importar com a distância ou com o tempo de conversação. Trata-se de um processo simples, desde que ambos os interlocutores tenham computadores ligados à Internet de banda larga, equipados com microfone e colunas. Para os utilizadores que não se adaptam ao microfone do computador, há a opção de utilizar um telefone com conexão USB. O aparelho, igual a um telefone convencional, é ligado directamente ao PC e substitui o microfone e colunas com uma melhor qualidade. Algumas operadoras também já oferecem um adaptador especial, que transforma um telefone comum num aparelho capaz de realizar chamadas via Internet. A vantagem é que não é necessário estar diante de um computador para telefonar.

No caso de uma pessoa usar um computador e a outra usar um telefone comum, a voz, em formato digital, viaja pela Internet até um ponto sendo depois reconvertida em ondas sonoras entrando na rede telefónica convencional até chegar ao telefone do destinatário. A transformação de voz em dados, e vice-versa, é totalmente imperceptível para os interlocutores.

Mas o sistema de VoIP também serve para que o utilizador ligue, via computador ou aparelho ligado à Internet, para telefones fixos ou móveis convencionais noutros estados ou países. Neste caso há a cobrança de tarifas, porém, muito mais baixas do que as cobradas pelas operadoras convencionais bastando, para falar, comprar crédito antes de efectuar as ligações.

⁷⁹ [Http://www.aol.com](http://www.aol.com)

⁸⁰ [Http://www.gartner.com](http://www.gartner.com)

Além da economia, é preciso evidenciar a vantagem da portabilidade, ou seja, o utilizador poderá ter o mesmo número telefónico em qualquer parte do mundo. Sobre este tópico, a definição do código que deverá enumerar os telefones IP (VoIP) tem gerado debates em toda a parte. Por exemplo, a Espanha publicou em 19 de Agosto [ComputerWorld, 2005] uma resolução sobre o assunto, definindo duas categorias numéricas para os serviços VoIP: trata-se do prefixo 51 (conhecido também como código de numeração específica) e do código de informação geográfica (partilhada com o telefone fixo) que é reconhecido pelo número 8. Dessa forma, tal como se marca o prefixo 34 para falar para Espanha, o prefixo 51 identificará os números de telefone IP naquele país. Em qualquer dos tipos de numeração, específica ou geográfica, exigir-se-á aos operadores o encaminhamento gratuito das chamadas de emergência através do 112. Aliás, essa é outra questão que emperra a evolução do VoIP, já que ainda não se definiu como será o acesso a vários serviços de emergência existentes.

Um impacto importante a ter em conta, no seguimento da explosão da tecnologia VoIP, é a quantidade de equipamentos que surgiram nos últimos anos, sendo a Cisco a empresa com mais influência no mercado. Contudo, e embora a evolução do VoIP a nível de hardware seja assinalável, iremos neste capítulo dar ênfase às soluções VoIP existentes a nível de software, ou seja, aos programas, vulgarmente designados por *softphones* que permitem comunicar por voz, mas não só, independentemente de serem ou não gratuitos.

Algumas destas empresas vieram do *Instant Messaging* e estão a entrar no VoIP, outras estão a tentar precisamente o contrário, tentando desta forma alargar o seu mercado potencial.

A escolha é vasta, as funcionalidades são incrementadas a cada nova versão e o preço das chamadas é, senão gratuito, muito mais económico quando comparado com tarifas clássicas de telefonia.

Como existe actualmente no mercado, e cada vez mais, um grande número de soluções, tornava-se importante resumir esse leque a um número mais restrito. Assim, e de acordo com os resultados obtidos no capítulo anterior, analisaremos agora as soluções mais utilizadas, que irão ser consideradas no capítulo seguinte, pelo assistente pessoal projectado.

5.1 Skype

O exemplo mais paradigmático desta (r)evolução é, sem sombra de dúvidas, o Skype. A empresa fundada em 2002 contava, passados 2 anos, com 30 milhões de utilizadores⁸¹, tendo em Julho de 2005 atingido a marca de 125 milhões [Fortune, 2004]. Em Dezembro de 2005 conta com mais de 50 milhões de utilizadores registados, tendo em Portugal a empresa 430 mil utilizadores registados⁸². O Skype “converte” aproximadamente 150.000 utilizadores por cada dia que passa.

A empresa tem sede em Luxemburgo e conta, actualmente, com escritórios em Inglaterra (Londres) e na Estónia.

No período de Agosto/Setembro de 2005 foram realizados cerca de 32 milhões de *downloads*, tendo o número médio diário atingido os 530 mil. O número de utilizadores *on-line*, em média e nesse período, foi de 3.3 milhões. No período seguinte, de Outubro/Novembro de 2005, foram realizados cerca de 37 milhões de *downloads*, tendo o número médio diário atingido os 610 mil. O número de utilizadores *on-line*, em média e nesse período, foi de 3.9 milhões. Em 31 de Julho de 2005 tinham sido efectuados um total de 143.2 milhões de *downloads* e, em 15 de Novembro de 2005, um total de 205.4 milhões.

Esta solução, apesar de não ser novidade (a Net2phone já possuía um sistema semelhante há uma década), foi tida como uma ameaça por parte dos fornecedores de serviços de telefonia.

Em Portugal novos jogadores no mercado surgiram, como é o exemplo do Iol Talki, do SAPO Messenger e da Netcall⁸³. Resta saber se irão dividir o “bolo” ou aumentá-lo.

5.1.1 Fundadores e História do Skype

O Skype foi criado por Niklas Zennström e Janus Friis, fundadores do KaZaA, com o financiamento da Draper Fisher Jurvetson ePlanet⁸⁴, Index Ventures⁸⁵, Bessemer Venture Partners⁸⁶ e Mangrove Capital Partners⁸⁷.

Niklas Zennström é sueco e começou a sua carreira na Tele2, empresa que na altura contava somente com 23 funcionários. Actualmente, a empresa é a operadora pan-

⁸¹ Dos quais um milhão em regime de subscrição paga

⁸² Tek-Sapo – Casa dos Bits. Consultado em 2 de Dezembro de 2005

⁸³ [Http://www.netcall.pt](http://www.netcall.pt)

⁸⁴ [Http://www.dfjeplanet.com](http://www.dfjeplanet.com)

⁸⁵ [Http://www.indexventures.com](http://www.indexventures.com)

⁸⁶ [Http://www.bvp.com](http://www.bvp.com)

⁸⁷ [Http://www.mangrove-vc.com](http://www.mangrove-vc.com)

européia líder em telecomunicações voltada para o consumidor, presente em mais de 23 países. Mais tarde, Niklas co-fundou e actuou como CEO do KaZaA, da Altnet⁸⁸, e, actualmente, o Skype.

Janus Friis é dinamarquês e foi o co-fundador da Skype, KaZaA, Altnet e da Bullguard⁸⁹.

Desde as primeiras fases de desenvolvimento o Skype recebeu diversos prémios⁹⁰, sendo de destacar os seguintes:

- “*Best software for Pocket PCs*”, na categoria comunicações, pela revista PC Magazine, em 2005;
- “*Digital Lifestyle Award 2005*”, na categoria comunicações pessoais, pelo site <http://www.digital-lifestyle-award.de>;
- “*Top Innovator of the Year and Consumer Technology Company of the Year*”, “*Top 100 Private Companies for 2005*” e “*Top 100 Private Companies for 2004*”, pela AlwaysOn⁹¹;
- “*100 Best Products of 2005*”, pela revista PC World⁹²;
- “*Best Innovation*”, pela revista <http://www.webuser.co.uk>, em 2005;
- “*Editor’s Choice*”, pela CNET, em 2005;
- O SkypeOut foi vencedor dos prémios “*This year’s notable telephonic improvement*” e “*Look, No Phone*”, pelo site <http://www.timesonline.co.uk>, em 2005; Em 2004 ganhou o prémio “*Best of What’s New*”, atribuído pelo site <http://www.popsci.com>, na categoria computação;
- “*Best Use of Internet in Business*”, pelo site <http://www.thebestofthenet.net>, em 2004;
- Niklas Zennström foi reconhecido como um dos 10 maiores empreendedores pelo site <http://www.silicon.com>, em 2004;

5.1.2 Características

O Skype, embora se baseie no protocolo proprietário da empresa com o mesmo nome, mostra que o VoIP em SIP funciona bem na Internet e, tal como está, sem a necessidade de qualquer tipo de infra-estrutura adicional.

⁸⁸ [Http://www.altnet.com](http://www.altnet.com)

⁸⁹ [Http://www.bullguard.com](http://www.bullguard.com)

⁹⁰ [Http://www.skype.com/company/awards](http://www.skype.com/company/awards)

⁹¹ [Http://www.alwayson-network.com](http://www.alwayson-network.com)

⁹² [Http://www.pcworld.com](http://www.pcworld.com)

Uma das chaves do estrondoso sucesso do Skype é a sua fácil instalação e utilização, pois não é necessário configurar nenhuma *firewall* ou *router*, nem qualquer tipo de equipamento de rede. Os seus serviços de voz a preços reduzidos⁹³, quer para telefones fixos quer para móveis, são outra razão de peso para este software ser líder mundial de mercado na sua área. O Skype está disponível em 27 idiomas e nas seguintes plataformas: Windows, Linux, Mac OS X e PDAs que usem Pocket PC.

Para além da comunicação de voz, o Skype oferece um vasto conjunto de funcionalidades, tais como:

- Voicemail;
- Mensagens instantâneas;
- Reencaminhamento de chamadas;
- Chamada em conferência.

Na versão beta Skype 2.0, era já incluído o suporte para vídeo, embora por enquanto somente para Windows. O *Skylook* é mais um *add-on* existente para o Skype que permite efectuar chamadas directamente através dos contactos que estão no *Microsoft Outlook*, permitindo assim uma total integração com as versões Outlook 2000, XP ou 2003. Este software permite ainda registar em *mp3*⁹⁴ as conversações efectuadas e guardá-las de forma a poder criar um registo de conversas. Num futuro próximo, serão incorporadas estas funcionalidades adicionais noutros sistemas operativos.

A Skype dispõe, ainda, de um serviço dirigido a pequenas e médias empresas que permite colocar nas mãos de um único utilizador a aquisição e gestão de várias contas *Premium*, ou seja, esta centralização permite que um único utilizador adquira créditos e os distribua pelos vários utilizadores de um mesmo grupo, configurado de forma gratuita. A empresa considera que o *Skype Groups* pode ser especialmente útil para organizações com equipas de trabalho distribuídas em várias localizações geográficas.

Outra característica importante é a existência de um *Directório Global de Utilizadores*, que não é mais do que uma enorme lista telefónica, com todos os utilizadores registados do Skype, servindo, de entre outras coisas, para procurar pessoas conhecidas com quem gostaríamos de conversar. Quando se localiza alguém que conhecemos, ou que gostaríamos de conhecer, podemos adicionar essa pessoa à nossa lista de contactos⁹⁵.

⁹³ Obviamente que entre utilizadores Skype as chamadas realizadas via IP são gratuitas

⁹⁴ Mpeg Layer 3

⁹⁵ Existe uma panóplia de funcionalidades em muito semelhante a outras aplicações de IM

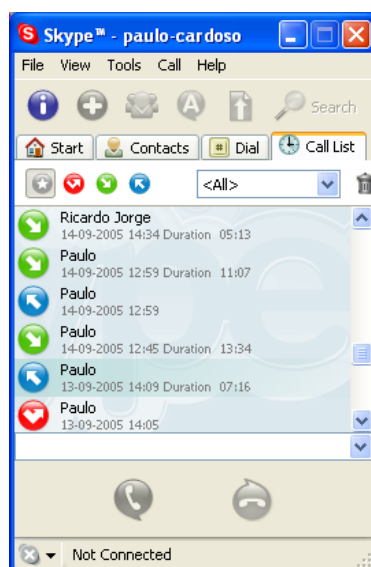


Figura 44 – Interface gráfica do Skype

Relativamente à qualidade das chamadas efectuadas pelo Skype, os utilizadores desta ferramenta classificam-na, de uma forma geral, como boa⁹⁶.

5.1.3 SkypeOut

O Skype é um programa de comunicação via Internet, sendo possível telefonar entre computadores (gratuitamente) ou entre um computador e um telefone da rede fixa ou móvel. Neste último caso, o serviço é designado como *SkypeOut*, onde as tarifas para telefones de rede fixa são bastante apelativas (para chamadas para a Europa, América do Norte, China ou Austrália, o preço de cada minuto é de 0.02 €). O carregamento de crédito para usar o *SkypeOut* é efectuado na Internet, via cartão de crédito por exemplo, em montantes de 10€. Nas chamadas *SkypeOut* não importa de onde se está a ligar, mas sim para onde se liga. Telefonar de Londres para um vizinho que se encontra na casa ao lado custa o mesmo que ligar de Londres para alguém em Pequim. Tem-se ainda a vantagem de a tarifa não mudar aos fins-de-semana nem nos dias úteis depois das 20h, pois é sempre a mesma. Foi criada, inclusive, uma tarifa para os 20 destinos de chamadas mais populares: a *Tarifa Global do SkypeOut*. A tabela 9 apresenta alguns exemplos de tarifas *SkypeOut*, com IVA incluído (Euros por minuto):

⁹⁶ Esta opinião é reforçada pelo resultado obtido no inquérito realizado, onde o Skype obteve a melhor classificação das aplicações mais usadas

Tabela 9 – Tabela de preços do SkypeOut

Destino da chamada	Tarifa (fixo)	Tarifa (móvel)
Angola	0,163€	0,236€
Brasil	0,024€	0,199€
China	0,020€	0,020€
França	0,020€	0,189€
Japão	0,022€	0,144€
Portugal	0,020€	0,267€
Espanha	0,020€	0,253€
USA	0,020€	0,020€

5.1.4 SkypeIn

Com o *SkypeIn* podemos ter o nosso próprio número de telefone convencional. Esta modalidade é bastante útil no caso dos nossos familiares ou amigos, que não têm o Skype instalado por qualquer motivo, quiserem telefonar-nos usando um número convencional, recebendo dessa forma a chamada através do Skype, independentemente do local onde estivermos.

Assim, se tivermos, por exemplo, um número do *SkypeIn* de Chicago, mas residirmos nos subúrbios de Paris, quem nos ligar de Chicago pode fazê-lo para o nosso número do *SkypeIn* que o Skype começará a tocar do outro lado do mundo. Neste caso, só será cobrada a tarifa pela companhia telefónica que faz a chamada para Chicago.

É claro que qualquer pessoa, de qualquer lugar do mundo, pode ligar para o nosso número do *SkypeIn*, mas, caso o nosso número do *SkypeIn* seja dos Estados Unidos e a ligação vier de outro país, a pessoa que ligar pagará o equivalente a uma chamada internacional. Se conhecermos pessoas de países diferentes, podemos ter até 10⁹⁷ números do *SkypeIn* em lugares distintos. Para reforçar esta opção, o *SkypeIn* conta ainda com o serviço de correio de voz. Desta forma, o *SkypeIn* torna muito mais fácil e económica a comunicação entre pessoas (amigos, família e/ou contactos de negócios) que não estejam ligadas à Internet.

Os números do *SkypeIn* são vendidos por assinatura, onde uma assinatura de 12 meses custa 30€, enquanto que uma assinatura de 3 meses custa 10€, sendo oferecido o serviço de correio de voz.

⁹⁷ Até à data, Dezembro de 2005, somente está disponível nos seguintes países: Estados Unidos, Reino Unido, Dinamarca, Finlândia, França, Hong-Kong, Polónia, Noruega e Suécia.

5.1.3 O Futuro do Skype

A eBay, o gigante dos leilões *on-line*, tem mantido uma política agressiva de aquisições, tendo pago, em Setembro de 2005, 2,6 mil milhões de dólares (cerca de dois mil milhões de euros) pela compra do Skype.

Fundada em 1995, a eBay é pioneira em negócios comerciais baseados na Web, contando já com variadíssimas empresas, tais como a eBay Marketplace, PayPal, Kijiji, Rent.com e Shopping.com – com milhões de utilizadores diariamente.

O acordo de negócio teve duas fases: foi pago metade do montante em dinheiro e a outra metade em acções até 2009. Zennström e Friis permaneceram nas suas respectivas posições, embora Zennström integre a direcção executiva da eBay reportando ao CEO da mesma, Meg Whitman.

Os responsáveis da eBay justificam esta aquisição pois afirmam que a comunicação é essencial à prosperidade do comércio electrónico, o seu nicho natural de mercado. O Skype, segundo afirmam os responsáveis da eBay, vai permitir incrementar as comunicações e, consequentemente, as relações comerciais entre compradores e vendedores. O processo de comunicação dos compradores com os vendedores será simplificado, impondo uma maior velocidade no processo de transição de bens, especialmente em categorias que envolvem uma maior troca de mensagens, tais como veículos usados, equipamento comercial e/ou industrial. Ainda segundo estes, a combinação das plataformas de leilões, com o sistema de pagamento electrónico PayPal e, em breve, os serviços telefónicos sobre a Internet, dão à eBay novas ferramentas para atacar a liderança do comércio na Web, alargando dessa forma a sua área de negócio.

5.2 MSN Messenger

Antes de detalhar o funcionamento desta ferramenta convém salientar o seguinte: embora o MSN Messenger permita efectuar chamadas de voz via Internet, tal só é possível para computadores, ou seja, sempre que seja necessário efectuar uma chamada para a rede fixa ou móvel deve-se usar a outra ferramenta da Microsoft: o Windows Messenger. Contudo, e pelo resultado obtido no inquérito, os utilizadores responderam como se da mesma aplicação se tratasse. Assim, e para mantermos a coerência das respostas, concentramos também os resultados nesta aplicação, cuja interface é em toda igual à do Windows Messenger, como se pode observar pela figura 45.

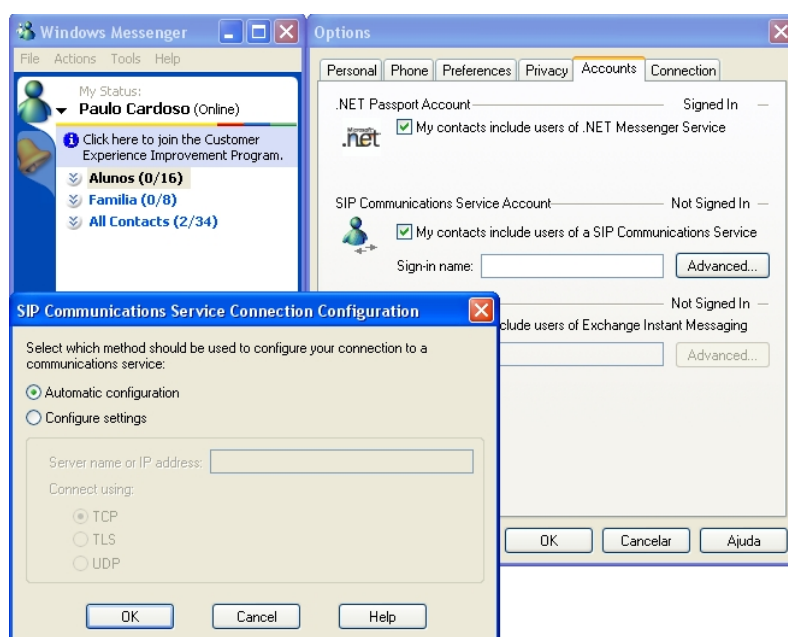


Figura 45 – Interface gráfica do Windows Messenger

As principais diferenças entre as duas aplicações resumem-se ao facto do Windows Messenger estar integrado no Windows XP e suportar o protocolo SIP.

5.2.1 Características do MSN Messenger

O MSN Messenger (ver figura 46), ou apenas MSN, é um programa que, actualmente, permite efectuar uma panóplia de operações, desde enviar ficheiros, jogar, realizar videoconferências, falar com alguém remotamente e, claro, enviar mensagens instantâneas.

O pioneiro nesse tipo de aplicações foi o ICQ⁹⁸ que, em 1996, revolucionou o conceito de conversação *on-line*. Porém, nos últimos anos, o MSN tem conquistado cada vez mais adeptos, por ter integrado o serviço de *e-mail* da Hotmail, por efectuar uma intensa publicidade junto do público jovem e por possuir, a cada nova versão, novas funcionalidades e recursos interessantes. Na realidade, e desde o seu lançamento em 1999, têm sido lançadas novas versões, algumas inclusive no mesmo ano, com novas funcionalidades⁹⁹.

⁹⁸ O ICQ (<http://www.icq.com>) foi o pioneiro desta tecnologia, sendo a sua primeira versão lançada em 1997 por uma empresa israelita denominada Mirabilis. Em 1998, a AOL adquiriu esta empresa, englobando-a no seu serviço, e desenvolveu o seu próprio software: *AIM* ou *AOL Instant Messenger*. Esta é a principal razão pela qual o número de utilizadores do ICQ diminuiu drasticamente e, também, pelo crescimento e hegemonia do MSN Messenger nos últimos anos (<http://www.icq.com/info/icqstory.html>)

⁹⁹ Podemos observar todas as evoluções e respectivas funcionalidade em http://en.wikipedia.org/wiki/MSN_Messenger

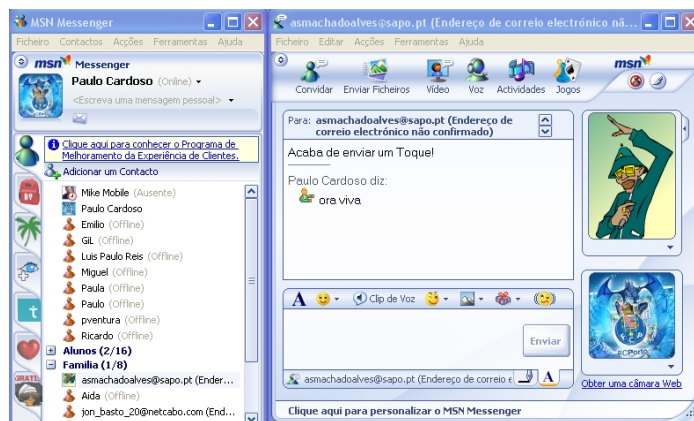


Figura 46 – Interface gráfica do MSN Messenger 7.5

Como exemplo, o serviço de voz só recentemente foi adicionado e, embora esteja numa fase embrionária, permite efectuar chamadas com alguma qualidade de som entre utilizadores do MSN. Outra novidade recentemente introduzida é a possibilidade de jogar (Damas, Xadrez, Solitário, etc.) com alguém que esteja *on-line*.

5.2.1 O Futuro do Messenger

O futuro do MSN Messenger já está definido e ganhará um novo nome: *Windows Live Messenger* (ver figura 47). Esta evolução ocorrerá na próxima versão do programa (8.0), que deverá acontecer no primeiro semestre de 2006 e tentará unir as duas aplicações, MSN Messenger e Windows Messenger, numa só.

Depois de muitas versões do MSN Messenger, e com a chegada no final deste ano do Windows Vista, a Microsoft pretende mais uma vez inovar nesta área. Nesta nova versão a Microsoft resolveu adicionar novas funcionalidades, sendo as principais novidades as opções de enviar mensagens *offline*, o novo modo de partilha de ficheiros (desde que o sistema de ficheiros partilhado seja o NTFS) e a ferramenta de pesquisa de contactos. Outra novidade é a possibilidade do utilizador poder adicionar informações sobre o seu contacto, como por exemplo o nome, apelido, aniversário, endereço, entre outras informações. O Messenger também inclui uma barra, na parte inferior da janela de contactos, para realizar pesquisas de sites, imagens e notícias, sendo possível, durante as conversas, ver a hora a que a mensagem foi enviada.

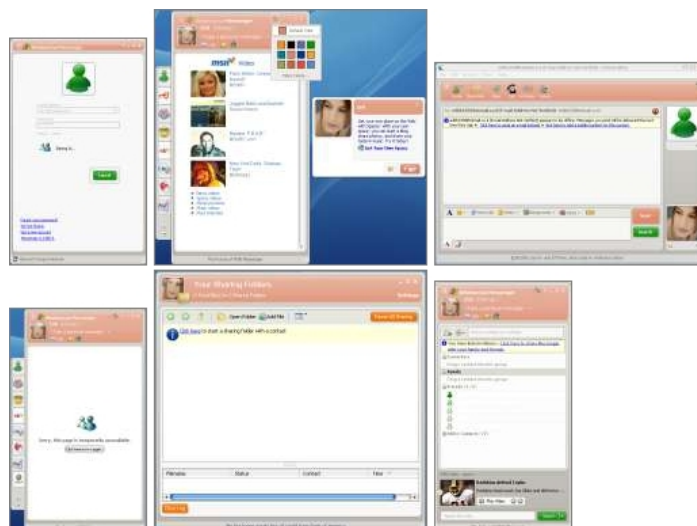


Figura 47 – Interface gráfica do Windows Live Messenger

5.3 VoipBuster

O VoipBuster é uma das marcas da companhia de telecomunicações da Suíça Finarea, SA¹⁰⁰ a operar nos mais variados mercados. Embora exista um pacote de países para os quais as chamadas para a rede fixa são totalmente grátis, incluindo Portugal, existe contudo um número ainda elevado de países onde tal ainda não é possível¹⁰¹. Essa é realmente a razão do sucesso desta companhia, pois, e até ao momento, é das poucas empresas a disponibilizar chamadas gratuitas entre um computador e um telefone da rede fixa.

O VoipBuster não deveria estar classificado como companhia a empregar o protocolo SIP pois, na verdade, a aplicação utiliza o IAX (*Inter-Asterisk eXchange*)¹⁰². No entanto, possuem servidores SIP, e se se configurar um equipamento SIP ele funcionará na perfeição e com uma qualidade de voz bastante boa.

¹⁰⁰ [Http://www.finarea.ch](http://www.finarea.ch)

¹⁰¹ Para colmatar esse facto, o grupo Finarea, SA lançou, em Dezembro de 2005, um novo serviço sobre a marca *voipstunt* (disponível em <http://www.voipstunt.com>) que oferece um leque mais vasto de países para os quais as chamadas são gratuitas

¹⁰² O IAX é um protocolo pertencente ao pacote Open Source Asterisk, utilizado pelos clientes que desejam ter, em qualquer computador com Linux, um PBX que receba chamadas, seja atendedor automático e seja compatível com chamadas VoIP. O Asterisk é compatível com SIP, H.323, ADSI e Inter-Asterisk eXchange (IAX)

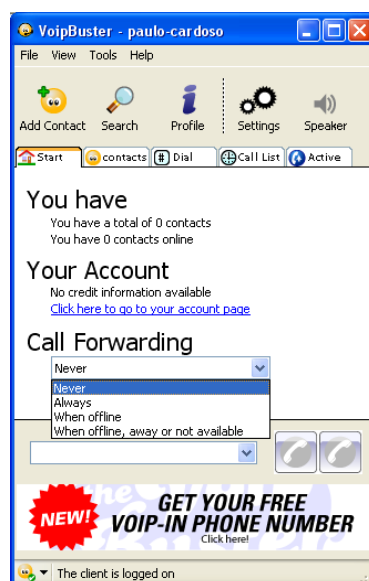


Figura 48 – Interface gráfica do VoipBuster

Quando um cliente se regista no VoipBuster, as suas chamadas grátis estão restringidas à duração de um minuto, isto até efectuar o primeiro carregamento, que tem de ser no mínimo de 10€. Após isso, o limite de 1 minuto é retirado e as chamadas grátis podem demorar o tempo que desejar. Uma das novidades implementadas na última versão do VoipBuster (2.03) é a possibilidade de fazer reencaminhamento de chamadas (ver figura 48). Este *softphone* permite adicionar contactos à nossa lista telefónica (para simplificar o processo de marcação) e mantém um histórico das chamadas recebidas, efectadas e perdidas e respectivas durações.

Um dos poucos, senão o único, factores negativos no uso do VoipBuster é a constante alteração dos países para os quais as chamadas são gratuitas, o que obriga a que, antes de efectuar a chamada, se confirme realmente o valor da mesma (embora quando seja estabelecida a ligação o preço esteja visível).

Com a entrada do VoipStunt, suportando um número mais alargado de países para os quais as chamadas são gratuitas, é difícil prever o futuro deste *softphone*. Aliás, reside aí o seu principal *handicap*, pois não compreendemos como e porquê a mesma empresa lança no mercado um novo *softphone* em todo igual ao VoipBuster (incluindo a interface gráfica). O futuro dirá se realmente esta estratégia terá ou não sucesso.

5.4 SAPO Messenger

De acordo com o resultado obtido no nosso questionário, esta aplicação obteve o 5º lugar no *ranking* das mais utilizadas. Uma das justificações para este, aparentemente,

fraco desempenho deve-se, eventualmente, ao facto de a funcionalidade de VoIP só ter sido incluída em Setembro de 2005¹⁰³. Actualmente, e graças em parte à inclusão dos serviços de chamadas de voz e vídeo, mais de 200.000 clientes¹⁰⁴ estão registados no SAPO Messenger, o que torna esta aplicação uma das ferramentas com o maior número de clientes registados em Portugal e com o maior número de funcionalidades de comunicação actualmente disponíveis.

5.4.1 A História do SAPO

O SAPO – Servidor de Apontadores Portugueses – nasceu no dia 4 de Setembro de 1994 na Universidade de Aveiro, lançado por seis membros da equipa do Centro de Informática da Universidade, tendo o nome surgido a partir da sigla do serviço S.A.P. (Servidor de Apontadores Portugueses).

Em 1997, o SAPO deixou a Universidade e passou a ser propriedade da empresa Navegante, criada pelos mesmos membros da equipa do Centro de Informática, agora com uma exploração única e verdadeiramente comercial.

Em Setembro de 1998, a empresa Saber & Lazer – Informática e Comunicação, SA, constituída no Verão de 1998 para desenvolver actividade na área da Internet, adquiriu o SAPO à Navegante. Foi com esta empresa que o SAPO deu o seu maior salto para o mercado das novas tecnologias e multimédia e se profissionalizou, destacando-se de projectos semelhantes que na altura começavam a aparecer em Portugal.

Foi então realizado um forte investimento, não só na produção e diversificação dos conteúdos e serviços, mas sobretudo na área tecnológica, recursos humanos e planeamento estratégico: o SAPO lançou, entre outros, o serviço de *e-mail* gratuito, o comércio na Web e novas e melhoradas funcionalidades de pesquisa.

Em Abril de 1999 foi feita a apresentação, no Internet World 99, do novo SAPO, como o primeiro portal em língua portuguesa. Para responder ao crescente tráfego gerado pelo seu novo posicionamento foi celebrada, ainda nesse ano, uma parceria com a Telepac, que passou assim a ser o novo ISP¹⁰⁵ do SAPO. Ainda em Setembro desse ano, a PT Multimédia – Serviços de Telecomunicações e Multimédia, SGPS, S.A. adquiriu 74,9% do capital da empresa Saber e Lazer, com opção de compra do remanescente.

¹⁰³ É necessário lembrar que o SAPO Messenger foi o primeiro serviço de *instant messaging* em português

¹⁰⁴ Segundo dados disponíveis pela PT, em Setembro de 2005, existiam 225.000 utilizadores registados

¹⁰⁵ ISP – *Internet Service Provider* ou Fornecedor de Serviços de Internet (empresa responsável pelo acesso à Internet)

Em Março de 2000, essa participação foi transferida para a PTM.com, na sequência da constituição desta *holding* com o objectivo de reunir todos os negócios relacionados com a Internet da PT Multimédia.

Um especial destaque deve ser dado à integração, em Julho de 2001, dos sites da Lusomundo.net, que veiculam informação a outros níveis (Diário de Notícias, Jornal de Notícias, TSF). Com esta integração foram ainda fortalecidas áreas específicas como o Cinema e as Notícias. Após o lançamento do serviço de acesso ADSL, em Junho de 2002, e depois dos investimentos feitos em infra-estruturas e acessos, chegava agora a vez dos conteúdos, dando resposta ao sucesso da banda larga.

Em Maio de 2003 foi lançado o canal SAPO XL, um projecto de conteúdos de banda larga das empresas Grupo PT, SAPO, Lusomundo e TV Cabo, e de alguns parceiros estratégicos, como a SIC, Sportinveste Multimédia e o Grupo Renascença. Ainda em 2003, em Outubro, a Portugal Telecom, SGPS, S.A. anunciou a aquisição das actividades de Internet e Páginas Amarelas da PT Multimédia, comprando 100% do capital da PT Multimédia.com, empresa que integrava o portal SAPO e o ISP.

Já em Dezembro de 2004, dando continuidade ao processo de reestruturação empresarial do Grupo Portugal Telecom, foi efectuada a fusão, por incorporação, da Saber & Lazer na PT.Com – Comunicações Interactivas, SA.

5.4.2 Características do SAPO Messenger

O SAPO Messenger é, hoje, uma das aplicações que agrega mais funcionalidades, nomeadamente: envio e recepção de SMS para todas as redes, compatibilidade com outros *messengers* (MSN, ICQ e Jabber), interligação com *e-mail*, envio de ficheiros e, actualmente, chamadas de voz e vídeo entre computadores totalmente gratuitas.

O SAPO promoveu a utilização de tecnologias *Opensource* e protocolos abertos, sendo um dos exemplos dessa filosofia. Assim, o SAPO Messenger é um serviço baseado num protocolo aberto de *Instant Messaging* de nome XMPP. O XMPP foi especificado pela *Jabber Software Foundation*, proposto mais tarde ao IETF e recentemente ratificado em vários RFCs. É neste momento o único protocolo de *Instant Messaging* com um RFC publicado. Já foi adoptado por serviços de *Instant Messaging* feitos para grandes comunidades utilizadoras, como é o caso do SAPO, *Bellsouth*, *Wanadoo*, *Orange* e o *Google Talk*.

O servidor de XMPP é o XCP, fornecido pela *Jabber Inc.* com quem o SAPO tem relações comerciais e de parceria há mais de 5 anos.

Pelo facto de usar um protocolo aberto e amplamente reconhecido e abraçado pela comunidade *Opensource*, é possível utilizar o serviço do SAPO Messenger através de outras aplicações clientes que não a aplicação em causa.

O *Transport*¹⁰⁶ de MSN é o componente que é responsável por fazer a interligação transparente entre o SAPO Messenger e o MSN Messenger. Quer isto dizer que um utilizador pode com o este serviço falar com pessoas da comunidade SAPO e MSN ao mesmo tempo e com uma única aplicação no seu computador.

O VoIP do SAPO, à semelhança do *Instant Messaging* é também baseado em *standards* abertos (SIP) e *codecs* (iLBC, Speex e H.323).

5.4.3 Perspectivas futuras

O SAPO é, actualmente, um dos grandes projectos de referência da comunidade cibernauta portuguesa. A grande aposta no futuro centra-se no acesso à Internet e nos serviços prestados, entre os quais se destacam, obviamente, o VoIP. Actualmente, está a ser desenvolvida uma versão do SAPO Messenger, especialmente desenhada para Mac OS X, que poderá estar disponível muito em breve.

5.5 Google Talk

Concorrendo directamente com o MSN e Skype, entre outros, o Google disponibilizou, em Agosto de 2005, o seu serviço de *Instant Messaging* e VoIP (somente entre computadores) – o Google Talk.

Uma das razões do rápido crescimento do número de utilizadores desta aplicação prende-se com o facto da a empresa que disponibiliza esta aplicação, o Google, ser o motor de busca mais conhecido do mundo, logo pode contar com a grande notoriedade da marca.

5.5.1 Características

Esta aplicação representa mais um passo da empresa no alargamento da gama de serviços Internet, mas distingue-se das iniciativas da concorrência pela procura de compatibilidade com outras aplicações de *Instant Messaging*. Com a utilização limitada aos assinantes do GMail¹⁰⁷, o Google Talk oferece um serviço de mensagens

¹⁰⁶ Componente externo ao serviço de *Jabber/XMPP* que tem como função fazer a ligação entre o *Instant Messaging* básico e outro qualquer protocolo (normalmente fechado) de outro serviço e/ou fornecedor

¹⁰⁷ Serviço de e-mail do Google somente disponível por convite

instantâneas entre clientes do Gmail e ainda a possibilidade de realizar comunicações de voz dentro dessa lista de contactos.

Ao contrário de outras aplicações do género, tal como o MSN, o Google está a apostar na compatibilização do Google Talk com outras aplicações de *Instant Messaging*, garantindo para já a interligação com o Adium¹⁰⁸, Gaim¹⁰⁹, iChat¹¹⁰, Trillian Pro¹¹¹, entre outros. O facto de usar o protocolo XMPP para autenticação, presença e *messaging*, deverá permitir que qualquer cliente de *Instant Messaging*, que suporte Jabber/XMPP, possa estabelecer uma ligação com o Google Talk, o que abre portas à sua interligação com outras aplicações, como o caso do SAPO Messenger.

Outra das vantagens desta aplicação é o seu tamanho: com apenas 900KB, o Google Talk é extremamente pequeno quando comparado com outros clientes rivais.

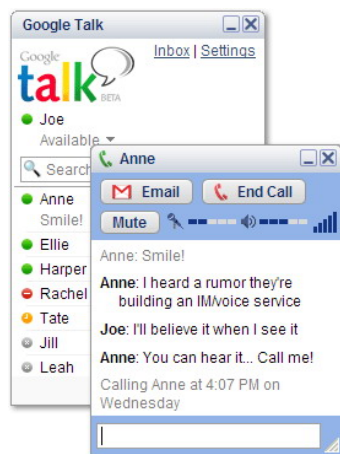


Figura 49 – Interface gráfica do Google Talk

Outro pormenor interessante é o facto de o utilizador ser avisado, simultaneamente enquanto fala com alguém via *chat*, da existência de novo e-mail, obviamente do Gmail. Outra vantagem desta aplicação é possuir uma interface simples e fácil de usar (ver figura 49).

5.5.2 Aspectos a melhorar

Contudo, e apesar de todas as características importantes que contém, esta aplicação tem inconvenientes, pois não só o seu uso está limitado aos sistemas operativos Microsoft,

¹⁰⁸ Adium é uma aplicação gratuita de *Instant Messaging* para Mac OS X, disponível em <http://www.adiumx.com>

¹⁰⁹ Gaim é um multi-protocolo cliente de *Instant Messaging* para Linux, BSD, Mac OS X e Windows, disponível em <http://gaim.sourceforge.net>

¹¹⁰ iChat é uma aplicação de áudio e vídeo para Mac OS X, compatível com clientes Jabber, disponível em <http://www.apple.com/macosx/features/ichat>

¹¹¹ Trillian é uma aplicação de *Instant Messaging*, disponível, somente para Windows, em <http://www.ceruleanstudios.com>

nomeadamente o Windows XP, 2000 ou Server 2003, como também ao idioma disponível ser unicamente o inglês, embora a empresa garanta estar a trabalhar no sentido de alargar a lista de plataformas compatíveis e de idiomas oferecidos.

Outra limitação é o facto de só os utilizadores do GMail, embora no futuro possa haver algumas alterações, poderem utilizar o Google Talk, ficando limitados aos seus contactos de GMail, embora possam convidar mais utilizadores para se juntarem a esta rede. Para colmatar um pouco essa lacuna, a empresa alterou ligeiramente a política de acesso ao GMail, uma decisão tomada para garantir maior abertura ao serviço Google Talk. Assim, e somente nos Estados Unidos, pode-se inscrever o serviço de webmail sem convite de outros utilizadores, bastando para o efeito fornecer através do site o número de telemóvel, recebendo depois um código por SMS que acciona um convite para abrirem uma conta de correio electrónico e se tornarem membros.

Finalmente, o serviço VoIP poderá ser uma desilusão para quem espera poder ligar para números da rede fixa ou móvel, à semelhança de outras aplicações, como o Skype: o Google Talk limita-se a estabelecer comunicações de voz entre computadores com a aplicação instalada.

5.6 Net2Phone

Desde o seu início, em 1996, que a Net2Phone afirmou-se como líder mundial em serviços de comunicação de voz em redes de dados. A Net2Phone é uma empresa que fornece serviços de voz em IP, reconhecida como a primeira empresa a fazer a ligação da Internet com a rede telefónica pública.

5.6.1 Empresas Subsidiárias

A empresa compreende duas subsidiárias próprias:

- *Net2Phone Global Services* (NGS);
- *Net2Phone Cable Telephony* (NCT).

Enquanto a missão da NGS é fornecer serviços VoIP a nível mundial para utilizadores e empresas, a missão da NCT é potenciar os operadores de cabo nos EUA e Europa Ocidental, através de equipamento e utilizando a sua rede de cabo existente, um serviço telefónico de substituição residencial aos respectivos assinantes.

Através essencialmente das relações com diversos ISPs, os mercados NGS integram totalmente soluções VoIP em mercados emergentes, para utilizadores e empresas, capitalizando no crescimento, flexibilidade e vantagens do baixo custo das chamadas

baseadas em IP. Por outro lado, a NCT oferece aos operadores de cabo a possibilidade de fornecer um serviço de telefonia de cabo viável, para os seus clientes, a alta velocidade. Para muitos operadores, esta combinação de vídeo, dados de alta velocidade e telefonia, proporciona não só ganhos lucrativos, como também ajuda na redução do grau de insatisfação dos respectivos assinantes. A NCT gere as redes dos operadores de cabo, permitindo que estes garantam a qualidade do serviço, desde a execução da chamada até ao seu término.

Registados com o símbolo NTOP da NASDAQ, os parceiros estratégicos de *Net2Phone* incluem a *Liberty Media* e a *IDT Corporation*.

5.6.2 Net2Phone CommCenter

A ferramenta da empresa que permite efectuar chamadas denomina-se *Net2Phone CommCenter* (ver figura 50), permitindo realizar chamadas e enviar faxes para qualquer lugar do mundo directamente do computador. Algumas das suas funções incluem:

- PC2Phone – permite ligar para qualquer telefone, como qualquer *softphone*. É de notar que as tarifas praticadas são substancialmente superiores à concorrência.
- PC2Fax – permite enviar faxes do computador para qualquer de fax no mundo. Esta é realmente uma mais valia pois permite, para além de enviar faxes, receber também a confirmação da entrega por *e-mail*;
- PC2PC – permite ligar para os todos os utilizadores que tenham a aplicação instalada;
- Mensagens instantâneas – permite enviar mensagens instantâneas



Figura 50 – Interface gráfica do Net2Phone

Os preços praticados pela Net2Phone são substancialmente mais elevados que a concorrência, nomeadamente o Skype e VoipBuster, como podemos observar pela tabela 10.

Tabela 10 – Tarifas praticadas pela Net2phone

Eua	US\$ 0.05
Reino Unido	US\$ 0.049
Buenos Aires	US\$ 0.079
Sydney	US\$ 0.039
França	US\$ 0.049
Tel Aviv	US\$ 0.079
Itália	US\$ 0.059
Malásia	US\$ 0.09
Filipinas	US\$ 0.19
Portugal	US\$ 0.10
Arábia Saudita	US\$ 0.45
Espanha	US\$ 0.059
Ucrânia	US\$ 0.22
PC2PC sm	US\$ 0.00

Como conclusão, podemos afirmar que o Net2Phone vale sobretudo pela sua panóplia de serviços que oferece e pela qualidade destes, resultado da sua vasta experiência acumulada na área. Contudo, o factor preço continua a ser o seu *handicap*.

5.7 IOL Talki

O IOL Talki é o *softphone* do IOL que permite efectuar chamadas gratuitas entre clientes IOL Talki, ou a um preço mais reduzido para telefone fixo, móvel ou internacional.

Independentemente do tarifário escolhido, o IOL Talki disponibiliza duas opções para utilizar o serviço¹¹²:

- O Net Phone – permite fazer chamadas através do IOL Talki, utilizando o computador;
- O Hand Phone – permite fazer chamadas através do IOL Talki, utilizando o seu telefone fixo.

¹¹² [Http://ioltalki.iol.pt](http://ioltalki.iol.pt)



Figura 51 – Interface gráfica do IOL Talki

5.7.1 Funcionalidades

Este *softphone*, para além se permitir efectuar chamadas de voz, tem uma panóplia de serviços extra, nomeadamente:

- Conversação em tempo real;
- Transferência de ficheiros;
- Chamada em Espera;
- Identificação de Chamadas;
- Reencaminhamento de Chamadas;
- Chamadas em Conferência;
- Voice Mail;
- Integração com o E-mail;
- Talki – Call Pad – É um software que funciona como um telefone comum, mas com funcionalidades avançadas de telemóveis e PBX e que funciona através do computador.
- Número de Telefone (DDI) – O IOL Talki atribui um número de telefone a cada utilizador, de acordo com o indicativo telefónico da área de residência, seleccionado pelo utilizador no processo de registo. Por exemplo, se o cliente for do Porto terá um número do tipo 22xxxxxxx¹¹³.
- Instant Messenger.

5.7.2 Tarifários

Para efectuar chamadas a preços reduzidos¹¹⁴ para números fixos, móveis e internacionais, o IOL Talki disponibiliza diversos tarifários:

¹¹³ Este serviço ainda não está disponível

¹¹⁴ Entre IOL Talki as chamadas são gratuitas

- **Talki Flexível** – permite fazer chamadas nacionais para números fixos ou móveis, a preços reduzidos, sem qualquer limitação de horário e sem assinatura. O preço fica a 0,016€ para alguns dos principais destinos internacionais: Alemanha, Brasil, EUA, Canadá e Reino Unido são apenas alguns exemplos.
- **Talki Nacional** – permite falar até um máximo de 500 minutos para qualquer número fixo em Portugal (incluindo Açores e Madeira), por apenas 4,90€, sem limitações de horário e sem assinatura. O carregamento é mensal, válido por 30 dias, e os minutos não transitam para o mês seguinte.
- **Talki Internacional** – funciona de forma idêntica ao Talki Nacional, sendo vocacionado para quem realiza chamadas Internacionais e seu carregamento é de 9,90€.

Tabela 11 – Tarifários IOL Talki

Descrição	Preço	Talki »»	Flexível	Nacional	Internacional
Talki Flexível	10,00 €	Chamadas Grátis (rede IOL Talki)	Sim	Sim	Sim
Talki Flexível	5,00 €	Minutos incluídos	na (i)	500 (ii)	500 (ii)
Talki Internacional		Destinos	Nacional / Internacional	Nacional	Internacional (iii)
(Destinos incluídos: Espanha, França, Bélgica, Suíça, Luxemburgo, Itália, Alemanha, Áustria, Holanda, Noruega, Suécia, Dinamarca, Reino Unido, Irlanda, EUA e Canadá.)	9,90 €	Chamadas rede fixa	✓	✓	✓
		Chamadas rede móvel	✓	-	-
		Número de Telefone (DDI) (iv)	Sim	Sim	Sim
Talki Nacional	4,90 €	Valor do Carregamento	5€ [*] / 10€ [*]	4,90€ [*]	9,90€ [*]

5.8 Yahoo! Messenger

A primeira versão desta aplicação, denominada Yahoo!, surgiu em 1999, tendo sido rebaptizada, em Agosto de 2005, com o nome *Yahoo! Messenger com voz*, passando a incluir desde então o serviço de voz¹¹⁵.

5.8.1 A História da Yahoo!

A Yahoo! foi fundada por David Filo e Jerry Yang, dois estudantes de doutoramento da Universidade de Stanford, em Fevereiro de 1994¹¹⁶. O objectivo, na altura, era criar uma ferramenta que catalogasse sites de interesse pessoal na Internet. Com o tempo, as listas tornaram-se extensas e desorganizadas, e decidiram organizá-las em categorias. Quando essas categorias ficavam cheias, eles criavam sub-categorias, e assim sucessivamente, nascendo desta forma a ideia central subjacente ao Yahoo!.

¹¹⁵ <http://en.wikipedia.org>

¹¹⁶ <http://docs.yahoo.com/info/misc/history.html>

Na altura, o site chamava-se *Jerry's Guide to the World Wide Web*, mas cedo ganhou um novo nome, Yahoo! - *Yet Another Hierarchical Officious Oracle*.

De um grupo de colegas, rapidamente se transformou numa significativa comunidade, graças ao rápido crescimento da Internet, tendo, no final de 1994, celebrado o seu primeiro milionésimo *hit*, equivalentes a quase 100 mil visitantes únicos.

Derivado ao elevado volume de tráfego e da entusiástica recepção que o Yahoo! estava a ser alvo, os fundadores perceberam que tinham um negócio potencial nas mãos e, em Março de 1995, encontraram-se com alguns empresários de Silicon Valley. Como resultado, em Abril de 1995, a empresa Sequoia¹¹⁷ fez um investimento inicial de quase 2 milhões de dólares na Yahoo!. Na altura, esta empresa tinha outros negócios bem sucedidos, onde se incluíam a Apple, a Atari, a Oracle e a Cisco.

Percebendo que a companhia tinha potencial para crescer rapidamente, Jerry e David começaram a procurar uma equipa de gestão. Assim, e para CEO, contrataram Tim Koogle, um veterano da Motorola que também se havia graduado em Stanford e para director de operações foi contratado Jeffrey Mallett, fundador da divisão do WordPerfect da Novell. Era o início de uma grande jornada.

Presentemente, a Yahoo! Inc. é uma empresa líder global nos segmentos de comunicação, comércio e media na Internet, oferecendo uma abrangente gama de serviços a mais de 232 milhões de indivíduos por mês. A rede global da companhia distribui-se por 25 países, sendo o centro de operações situado em Sunnyvale, Califórnia.

5.8.2 Características

O Yahoo! Messenger é uma aplicação que, para além de permitir chamadas de voz, conta com inúmeras funcionalidades, como podemos observar pela figura 52, sendo de realçar as seguintes:

- Transferência de ficheiros;
- Jogos;
- Videoconferência;
- *Chat*.

¹¹⁷ [Http://www.sequoiacap.com/scportcompany.asp?cid=218](http://www.sequoiacap.com/scportcompany.asp?cid=218)

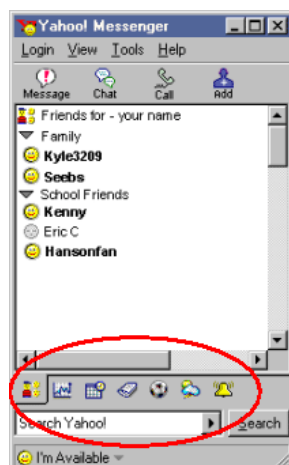


Figura 52 – Interface gráfica do Yahoo! Messenger

5.8.3 O Futuro do Yahoo! Messenger

O anúncio foi feito pelas duas multinacionais no dia 12 de Outubro de 2005: a fusão dos serviços do Yahoo! Messenger e do MSN Messenger. Isto permitirá que, a partir de 2006, os seus utilizadores passem a partilhar as listas de contactos e outras funcionalidades, tais como a comunicação por voz¹¹⁸.

Com este acordo, a Yahoo! e a Microsoft deverão alcançar 44% do mercado de mensagens instantâneas Norte Americano, só ultrapassados pela AOL que, segundo a Reuters¹¹⁹, detém 56% do negócio.

5.9 Conclusão

Neste capítulo apresentamos as principais características das aplicações VoIP mais utilizadas pela nossa amostra. Analisámos as suas principais características, a sua evolução ao longo do tempo e apontamos a direcção que muitas irão seguir no futuro.

Podemos concluir, através desta análise, que este segmento de mercado está em constante mutação, com constantes transformações e inovações a uma velocidade estonteante, o que torna praticamente impossível acompanhar, de forma cabal, todas as suas potencialidades em tempo útil. No futuro, não muito breve, observaremos a inovações muito positivas, o que só prova a dinâmica deste mercado, o que só bem beneficiar todos os seus utilizadores.

¹¹⁸ <http://www.mundopt.com/ler-7917.html>

¹¹⁹ <http://www.reuters.com>

6 PROJECTO DO ASSISTENTE PESSOAL

Este capítulo apresenta um projecto simples de um Assistente Pessoal, ao qual se pode delegar, de acordo com o perfil do utilizador, a tarefa de selecção da melhor aplicação VoIP, no sentido de obter o compromisso possível entre o que é oferecido e as suas preferências. Para tal, o assistente precisa de receber os dados do utilizador, processar as suas preferências de acordo com os perfis de utilizador e, de acordo com esse cálculo, indica o *softphone* mais adequado às suas necessidades.

6.1 Principais critérios na implementação de perfis de utilizador

Antes de conceber o projecto é necessário analisar, em pormenor, os principais critérios que podem influir na selecção das aplicações pela nossa amostra, tentando obter o respectivo peso na sua escolha.

Embora no quarto capítulo tenha sido realizada uma análise deste estudo, esta foi elaborada de uma forma um pouco estanque ou isolada. O objectivo agora será perceber e relacionar os vários critérios entre si. Obviamente que não é viável (provavelmente, nem necessário) cruzar toda a informação, visto existirem imensos critérios e softwares.

Para simplificar este processo, e também para o tornar mais célere, resumimos as nossas aplicações às três mais votadas pela nossa amostra. Relativamente aos critérios, optamos também por reduzi-los aos que nos pareceram ser os mais significativos retirados da análise do estudo exploratório.

O objectivo será caracterizar a importância, ou não, dos critérios por aplicação, obtendo desta forma possíveis perfis de utilizador por aplicação baseados nos respectivos critérios de escolha.

6.1.1 Funcionalidades versus Qualidade de Som

À excepção do VoipBuster¹²⁰, todas as aplicações, para além do serviço de voz, possuem funcionalidades acrescidas, tais como transferência de ficheiros, vídeo e/ou chat. Para cada aplicação vamos analisar a importância destas funcionalidades relativamente à qualidade de som, tentando aferir até que ponto existe uma correlação entre a oferta de vários serviços e a avaliação da qualidade de som.

¹²⁰ No VoipBuster o serviço de IM é bastante básico

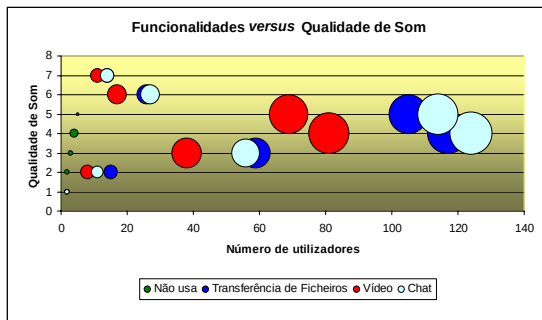


Figura 53 – MSN – Funcionalidades versus Qualidade de Som

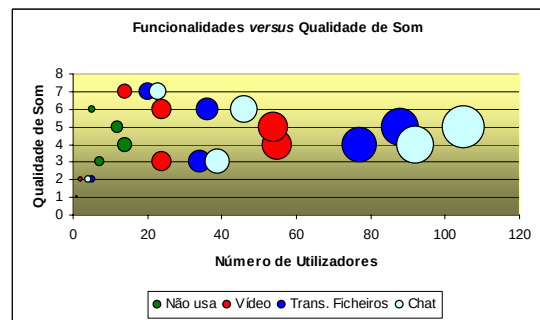


Figura 54 – Skype – Funcionalidades versus Qualidade de Som

Assim, e relativamente ao MSN e ao Skype, é de salientar que é nesta última aplicação que se regista um maior número de utilizadores que não usa qualquer funcionalidade extra, sendo a sua classificação geral superior há obtida pelos utilizadores do MSN.

Quanto ao número de utilizadores que usam outras funcionalidades, podemos confirmar, sem grande surpresa, que o MSN lidera sobre o Skype, embora a classificação da qualidade de som ser ligeiramente superior no caso dos utilizadores deste último.

Desta forma, podemos concluir que o facto de utilizar algum serviço extra tem influência na qualidade de som atribuída pelos utilizadores.

6.1.2 Factor de Escolha da Tecnologia VoIP versus Qualidade de Som

Neste comparativo pretendemos analisar qual o impacto do factor de escolha no uso da tecnologia VoIP com a respectiva qualidade de som atribuída, afim de averiguar se existe alguma relação entre estes dois parâmetros.

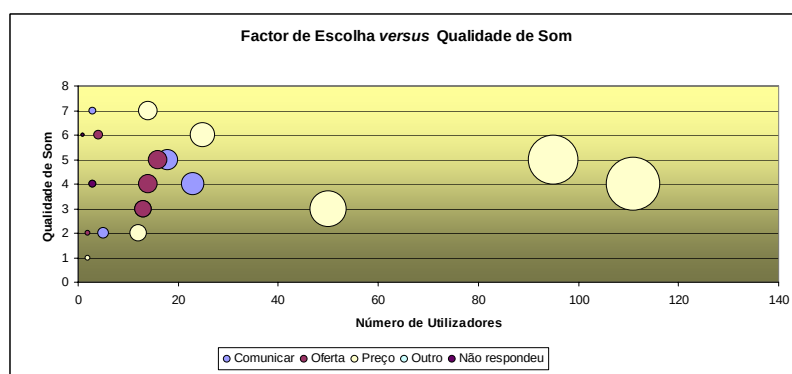


Figura 55 – MSN – Factor de Escolha da tecnologia VoIP versus Qualidade de Som

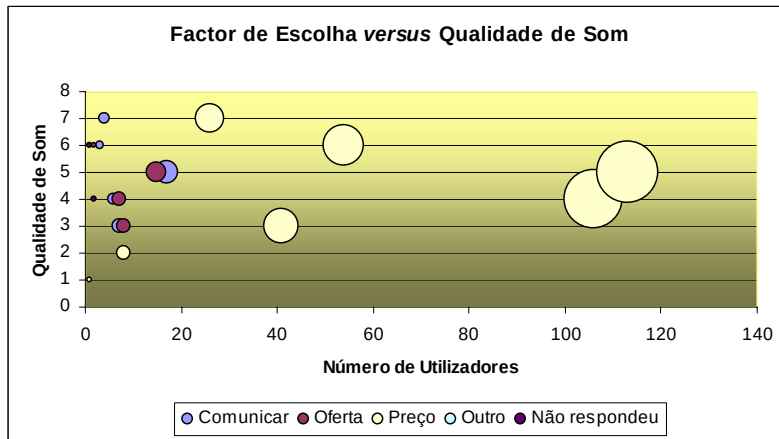


Figura 56 – Skype – Factor de Escolha da tecnologia VoIP versus Qualidade de Som

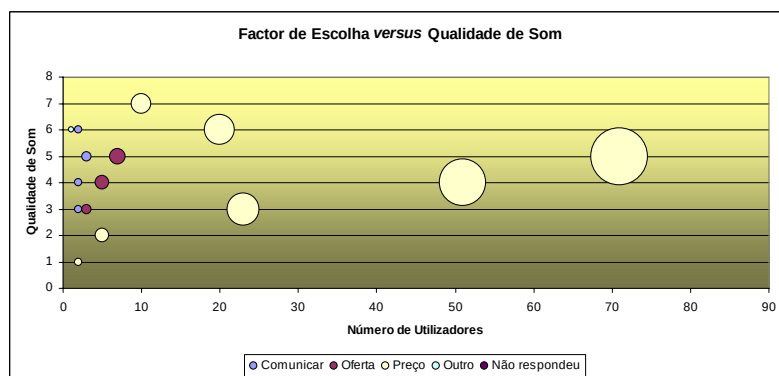


Figura 57 – VoipBuster – Factor de Escolha da tecnologia VoIP versus Qualidade de Som

Como podemos constatar pelas figuras 55-57, a ponderação da qualidade de som tem uma ligeira variação consoante o factor que levou o utilizador a optar pela tecnologia VoIP. No caso dos utilizadores que elegeram o preço como factor de escolha, reparamos que é no Skype e, sobretudo, no VoipBuster que existe uma melhor avaliação da qualidade de som. Nos restantes factores essa diferença não é tão notória, embora esteja também latente.

6.1.3 Conhecimento versus Qualidade de Som

Ao comparar o conhecimento da tecnologia com a avaliação da qualidade de som, deseja-se aferir até que ponto esse conhecimento pode influenciar os utilizadores na análise da qualidade de som. Este aspecto é importante pois, quem conhece determinadas características de uma tecnologia pode ajuizar e avaliar melhor todo o processo inerente a essa mesma tecnologia e, com certeza, a avaliação daí resultante terá um outro fundamento e valor.

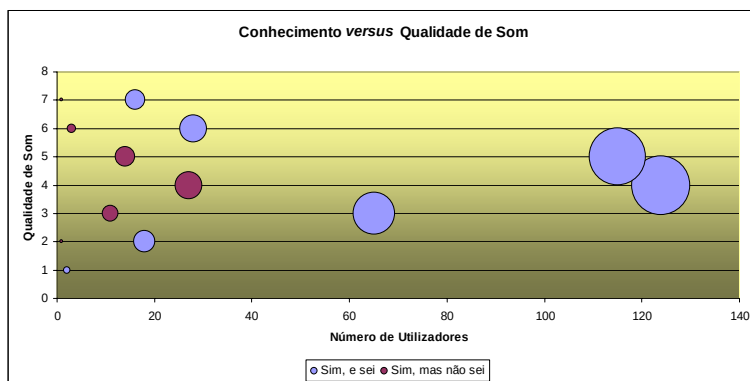


Figura 58 – MSN – Conhecimento versus Qualidade de Som

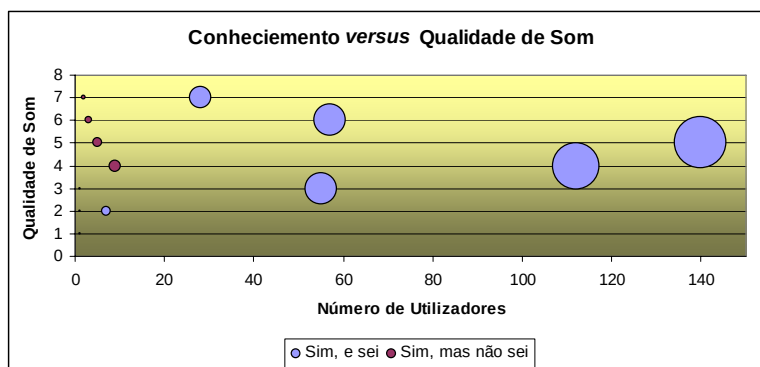


Figura 59 – Skype – Conhecimento versus Qualidade de Som

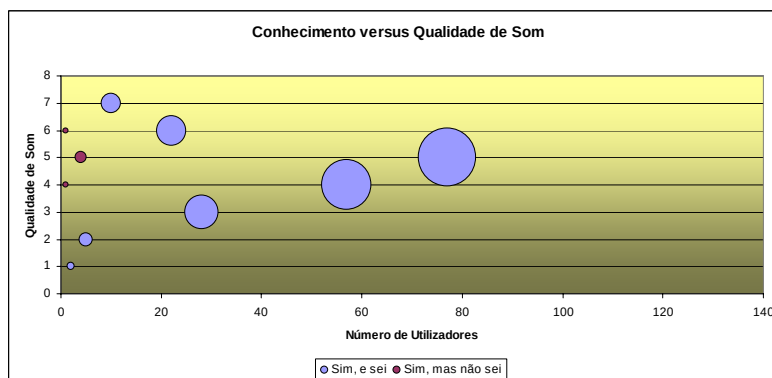


Figura 60 – VoipBuster – Conhecimento versus Qualidade de Som

Pela análise das figuras 58-60, podemos concluir que no MSN e no VoipBuster não existem grandes variações de resultados, embora o mesmo não aconteça com o Skype, em que se constata que o conhecimento da tecnologia influencia a qualidade de som atribuída pelos utilizadores.

Assim, podemos concluir, face ao exposto e no caso do Skype, que os utilizadores que conhecem a tecnologia avaliam melhor a qualidade de som relativamente àqueles que não a conhecem. Tal facto já não acontece no MSN nem no VoipBuster.

6.1.4 Finalidade versus Rede

Esta correlação vai permitir aferir qual a importância da finalidade ou âmbito da utilização desta tecnologia com a rede utilizada.

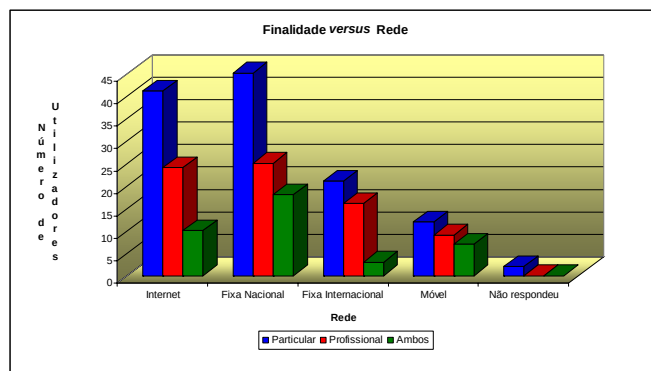


Figura 61 – MSN – Finalidade versus Rede

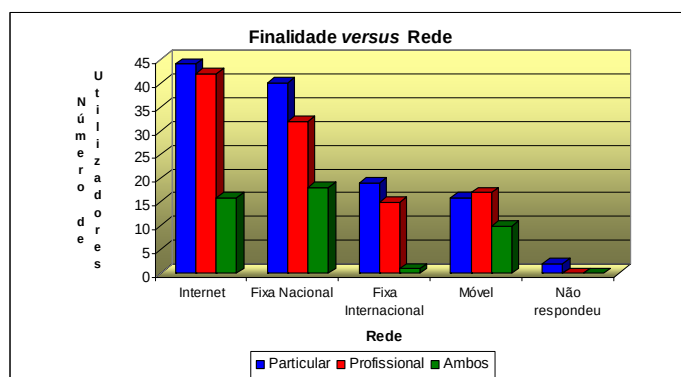


Figura 62 – Skype – Finalidade versus Rede

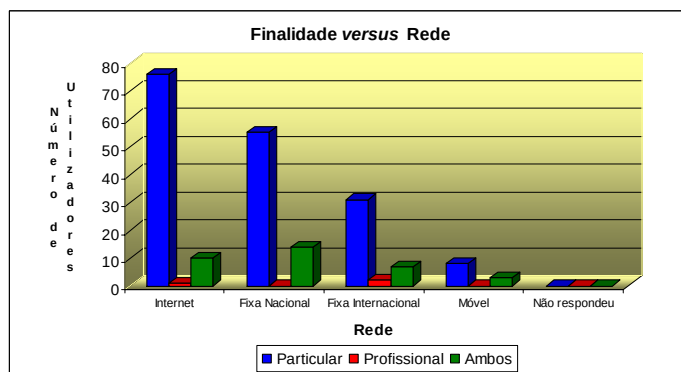


Figura 63 – VoipBuster – Finalidade versus Rede

Podemos concluir pela análise das figuras 61-63 que, das três aplicações, o VoipBuster é o menos usado para fins estritamente profissionais (sendo o Skype o líder), mas o mais usual na comunicação entre computadores e nas chamadas para a rede fixa, sendo o Skype o mais utilizado para a rede móvel.

Assim, o peso para a rede móvel deve ser superior no Skype, relativamente aos restantes adversários, independentemente da finalidade ser particular ou profissional.

Para as restantes redes, fixa e Internet, o peso do VoipBuster deve ser superior no caso da finalidade ser particular; se for profissional, deve-se dar mais peso ao Skype.

6.1.5 Tempo de utilização versus Factor de Escolha

Esta correlação vai permitir aferir qual a importância do tempo de utilização desta tecnologia com o factor de escolha da aplicação, ou seja, vamos tentar aferir até que ponto a experiência acumulada com o tempo de utilização da tecnologia influencia o motivo pelo qual os utilizadores usam uma dada aplicação.

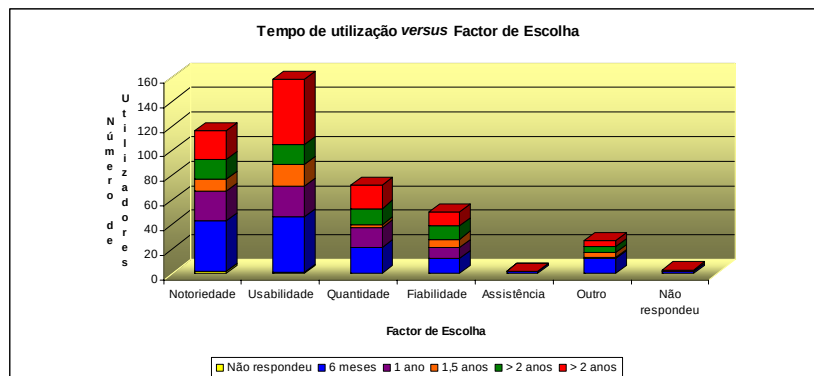


Figura 64 – MSN – Tempo de Utilização versus Factor de Escolha

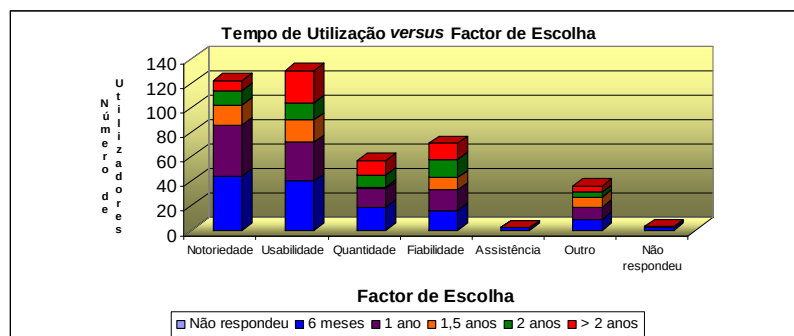


Figura 65 – Skype – Tempo de Utilização versus Factor de Escolha

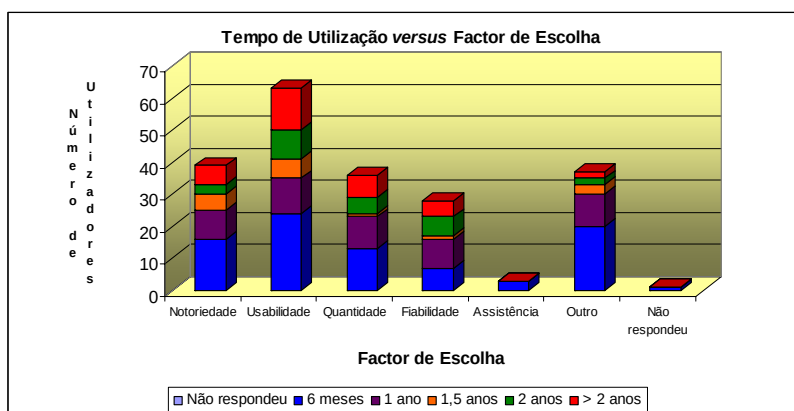


Figura 66 – VoipBuster – Tempo de Utilização versus Factor de Escolha

Analisando as figuras 64-66 acima expostas, verificamos que o MSN e o VoipBuster têm resultados quase semelhantes, ou seja, o tempo de uso de utilização da tecnologia tem sensivelmente o mesmo impacto nos factores de escolha da aplicação. Registamos apenas duas discrepâncias entre eles: no MSN, e no factor “*usabilidade*”, existe um maior número de utilizadores com mais de dois anos de experiência – contra seis meses no VoipBuster. Nesta última aplicação, registamos também, um elevado número de utilizadores que escolheram outro factor como critério na sua escolha.

Relativamente ao Skype, obtiveram-se valores consideravelmente diferentes dos anteriores, isto é, não só a *fiabilidade* e a *notoriedade* têm valores mais elevados como também a percentagem de utilizadores com um ano de experiência tem maior influência na escolha da aplicação.

No caso do MSN e do VoipBuster é na “*usabilidade*” onde se regista um maior número de utilizadores com seis meses e mais de dois anos de experiência. No Skype, não só a *notoriedade* tem praticamente o mesmo número de utilizadores que a “*usabilidade*”, como também o peso dos mesmos com um ano de experiência é substancialmente maior.

Assim, podemos concluir, e baseado nestas comparações, que o tempo tem realmente importância nos factores de escolha da aplicação, pois os valores obtidos variam substancialmente de aplicação para aplicação consoante o critério adoptado e a experiência dos utilizadores.

6.1.6 Habilitações Literárias versus Conhecimento

Para aferir se as habilitações literárias da nossa amostra influenciam o facto de terem ou não conhecimento da tecnologia, elaborou-se uma comparação simples entre as habilitações literárias e o conhecimento das aplicações.

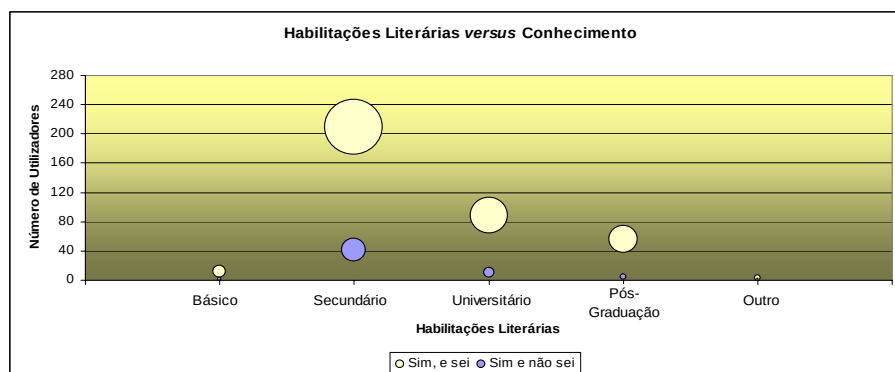


Figura 67 – MSN – Habilitações Literárias versus Conhecimento

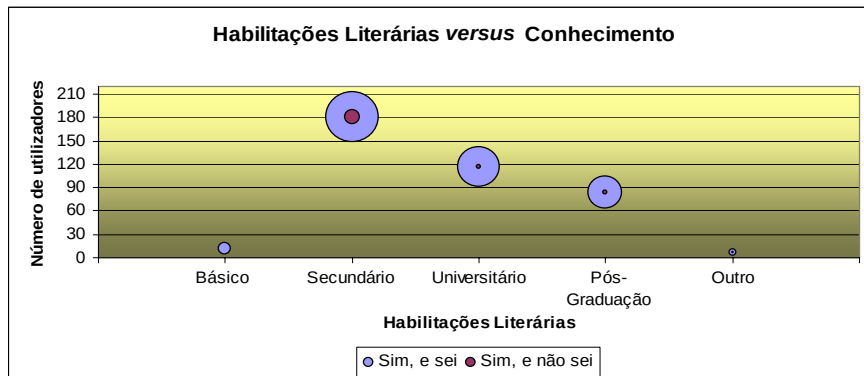


Figura 68 – Skype – Habilitações Literárias versus Conhecimento

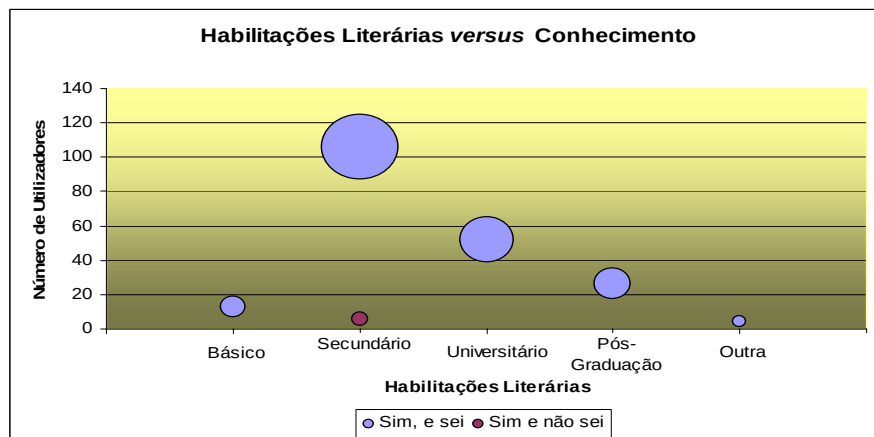


Figura 69 – VoipBuster – Habilitações Literárias versus Conhecimento

De acordo com as figuras 67-69 pode-se constatar que o MSN, o Skype e o VoipBuster têm resultados semelhantes, ou seja, as bolhas representativas do número de utilizadores têm maior expressão nas mesmas categorias quer os seus utilizadores tenham ou não conhecimento da tecnologia.

Assim, podemos concluir, e baseado nestas comparações, que as habilitações literárias não têm influência significativa no conhecimento da tecnologia.

6.2 Arquitectura do Assistente Pessoal

Basicamente, a arquitectura do nosso modelo, ilustrada na figura 70, vai conter uma interface com o utilizador desenvolvida numa linguagem simples e funcional que permita uma introdução de dados sem quaisquer problemas ou ambiguidades por parte do utilizador. Como resultado final, o Assistente Pessoal conduzirá o utilizador para o site da respectiva aplicação que melhor o servirá, de acordo obviamente com o perfil demonstrado.

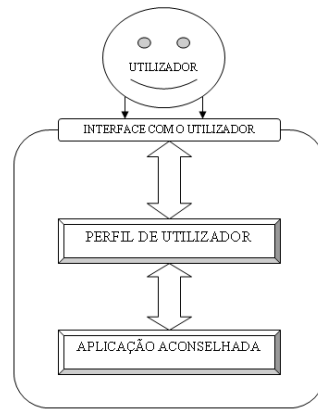


Figura 70 – Arquitectura do Assistente Pessoal

6.3 Interface do Assistente Pessoal

Quanto à interface com o utilizador, ela deve ser a mais simples e adequada possível, embora capaz de apresentar e recolher toda a informação vital para o nosso assistente pessoal. A interface gráfica deve ser amigável, contudo sóbria, e corresponde na sua essência ao questionário efectuado no estudo exploratório. O objectivo consiste em conduzir o utilizador durante todo o processo de registo das suas preferências.

Para a realização da interface do nosso projecto foi escolhida a linguagem de programação Visual Basic 6.0. A sua eleição deveu-se às suas características, nomeadamente:

- Facilidade e rapidez em implementações e alterações de aplicações Windows;
- Boa estruturação de código;
- Orientação a objectos.

Na primeira janela do Assistente Pessoal VoIP, surge uma simples informação para contextualizar a aplicação e informar o utilizador da sua finalidade (ver figura 71). O utilizador pode escolher entre sair da aplicação ou prosseguir com a mesma. É de notar que no processo de navegação entre janelas, desde a segunda até à última, o utilizador pode sempre escolher entre voltar à janela anterior para eventuais correcções, sair da aplicação ou prosseguir com a mesma.

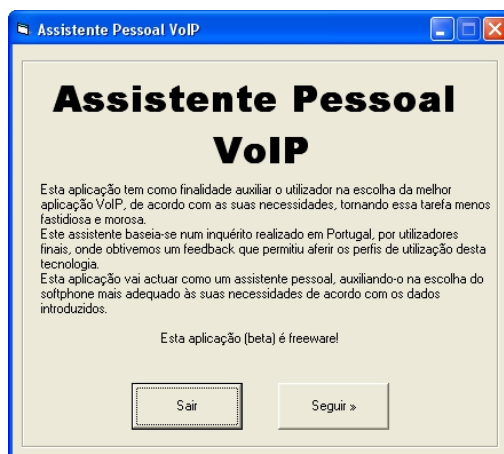


Figura 71 – Interface do Assistente Pessoal VoIP [Apresentação]

Em seguida, na janela Dados Pessoais, é pedido ao utilizador que selecione a sua idade, actividade e habilitações literárias (ver figura 72). Tentamos desta forma caracterizar o seu perfil sociográfico.

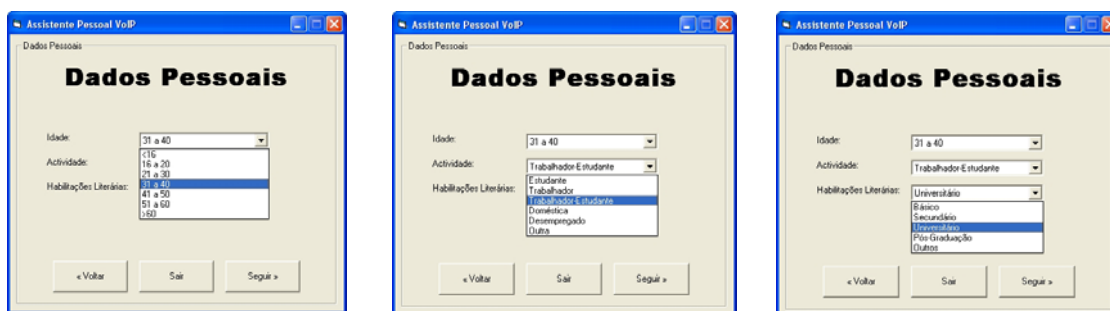


Figura 72 – Interface do Assistente Pessoal VoIP [Dados Pessoais]

Na terceira janela o utilizador responde se já usou a tecnologia VoIP e, em caso afirmativo, há quanto tempo (ver figura 73).



Figura 73 – Interface do Assistente Pessoal VoIP [Tempo]

Na janela seguinte o utilizador é questionado quanto ao factor de utilização desta tecnologia (ver figura 74), ou seja, o que o vai levar (ou levou) a adoptar esta tecnologia.

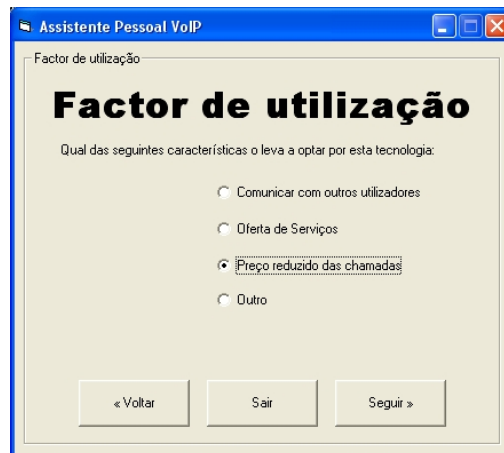


Figura 74 – Interface do Assistente Pessoal VoIP [Factor de utilização]

Na próxima janela é interrogado ao utilizador qual a finalidade na utilização desta tecnologia (ver figura 75).

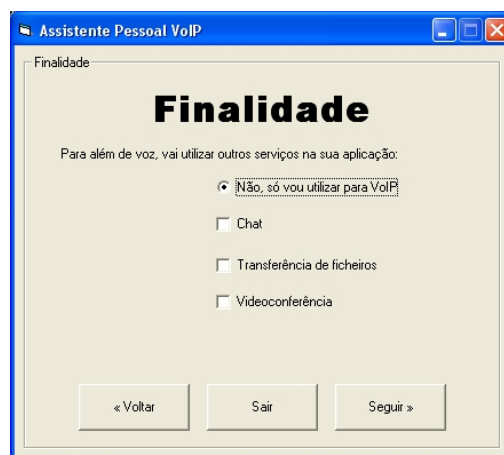


Figura 75 – Interface do Assistente Pessoal VoIP [Finalidade]

Em seguida, é pedido ao utilizador que indique a principal razão na escolha da aplicação, isto é, mediante uma série de características intrínsecas a uma dada aplicação é-lhe pedido que indique a sua preferida (ver figura 76).

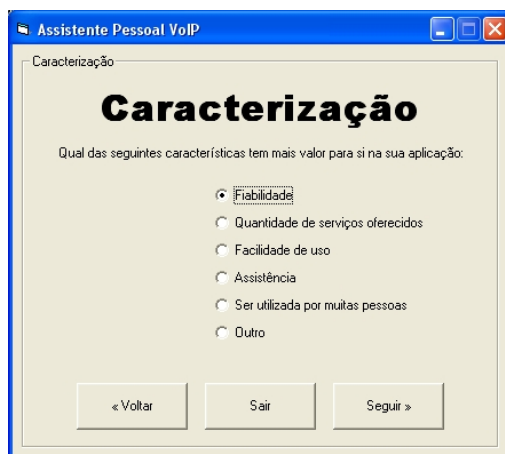


Figura 76 – Interface do Assistente Pessoal VoIP [Caracterização]

Na próxima janela é solicitado ao utilizador que classifique a importância da qualidade de som na escolha da aplicação (ver figura 77).

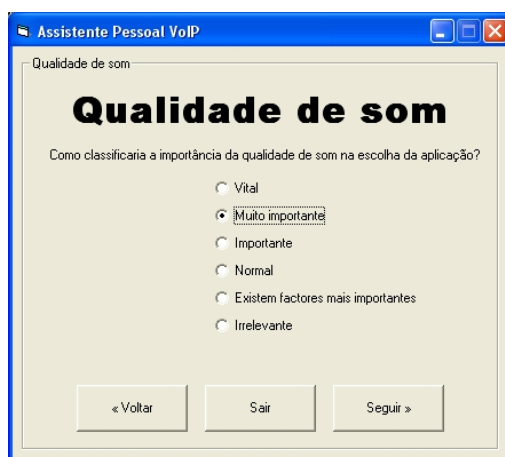


Figura 77 – Interface do Assistente Pessoal VoIP [Qualidade de som]

Na janela seguinte o utilizador é questionado quanto à rede para onde irá efectuar mais chamadas com a sua aplicação (ver figura 78).

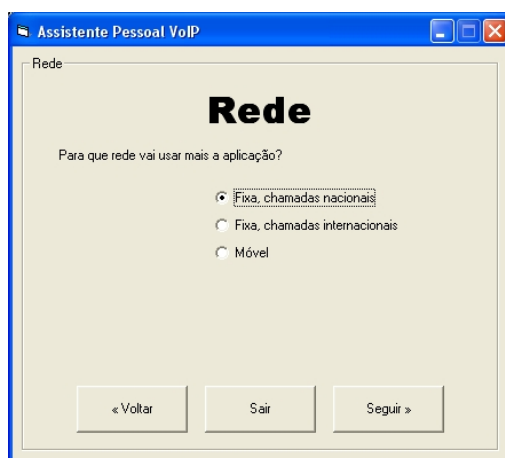


Figura 78 – Interface do Assistente Pessoal VoIP [Rede]

Em seguida, o utilizador deve seleccionar o âmbito no qual a aplicação irá ser utilizada (ver figura 79).

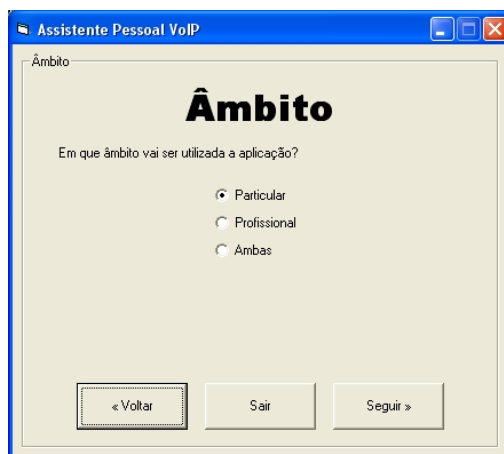


Figura 79 – Interface do Assistente Pessoal VoIP [Qualidade de som]

Como resumo do perfil do utilizador, a janela seguinte serve para confirmar os dados introduzidos pelo utilizador (ver figura 80). Nesta última janela, o utilizador pode escolher entre voltar à janela anterior para eventuais correcções, sair da aplicação ou confirmar os dados e concluir o processo.

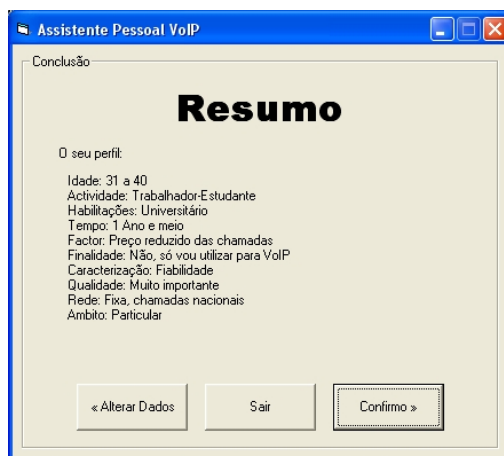


Figura 80 – Interface do Assistente Pessoal VoIP [Resumo]

Por último, aparece o resultado final onde, e de acordo com o seu perfil, o utilizador é reencaminhado para a aplicação VoIP aconselhada (ver figura 81).

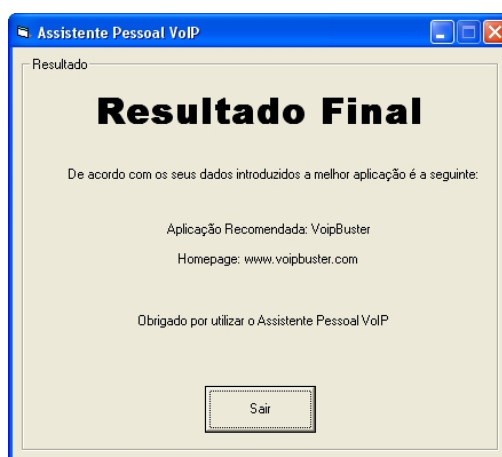


Figura 81 – Interface do Assistente Pessoal VoIP [Resultado Final]

6.4 Conclusão

Neste capítulo concebemos um projecto muito simples que servirá para implementar um nosso Assistente Pessoal VoIP baseado no estudo exploratório desenvolvido. Definiram-se os critérios mais importantes na sua implementação que serviram para a concepção do projecto simples. Foi ainda realizada uma implementação parcial do assistente, lançando-se as bases para a sua futura implementação completa. O projecto realizado constitui uma boa base para a concepção completa do Assistente Pessoal VoIP, sendo no entanto também importante realizar testes adicionais no sentido de refinar os critérios escolhidos na implementação do projecto.

7 CONCLUSÃO

Só ao concluir a elaboração desta dissertação, e reflectindo sobre o trabalho desenvolvido, é que se pode concluir que o tema aqui abordado é de uma grande amplitude pois, não só aborda dois campos distintos, como também exigiu uma constante actualização no seu conteúdo.

Estudou-se a tecnologia VoIP, desde a sua evolução até aos mais recentes desenvolvimentos, não esquecendo as suas principais características e protocolos envolvidos. Constatamos que o “mundo” associado a esta tecnologia está em constante actualização. Grande parte do texto escrito há meio ano atrás teve de ser parcialmente reescrito perto da data de entrega da tese devido aos desenvolvimentos ocorridos na área neste intervalo de tempo.

Foi também realizada uma abordagem aos Agentes de Software, comparando as diferentes arquitecturas, características e respectivas vantagens. A inteligência artificial distribuída e, mais concretamente, os Assistentes Pessoais, são áreas onde existe ainda um vasto caminho a percorrer. Contudo, e cada vez mais, estão a surgir trabalhos nesta área bastante interessantes, quer do ponto de vista académico, quer do ponto de vista científico.

Elaborou-se também um estudo exploratório sobre a utilização da tecnologia VoIP em Portugal por utilizadores finais. Deste estudo, conclui-se que a grande maioria dos utilizadores é jovem, escolarizada, usa esta tecnologia para fins particulares, recorrendo à Internet para efectuar chamadas, sendo o preço um factor crucial para a sua utilização. Quanto às aplicações usadas e respectiva qualidade do som, as direccionadas somente para o VoIP obtêm melhor classificação do que aquelas que oferecem uma gama de serviços adicionais, e a qualidade de som não é um factor critico na sua adopção.

Apresentou-se ainda o estado de arte desta tecnologia, relativamente a *softphones*, e com base nesse estudo apresentaram-se as suas principais características e vantagens. Concluiu-se que existe uma grande dificuldade em acompanhar a evolução deste mercado pois, diariamente, aparecem novidades e surgem novas aplicações com novas funcionalidades. No entanto, procurou-se, no âmbito deste trabalho, ter o cuidado de acompanhar essa mesma evolução e apresentá-la com algum detalhe ao longo do mesmo. Este estudo serviu igualmente para recolher as preferências dos utilizadores desta tecnologia, de modo a conceber um Assistente Pessoal VoIP simples, que permite

auxiliar o utilizador na escolha da melhor aplicação VoIP de acordo com os seus requisitos.

Como perspectivas de desenvolvimento deste projecto apresentam-se as seguintes propostas:

- Aprofundar os critérios que servirão de base para a concepção de um Assistente Pessoal de selecção de serviços VoIP mais completo;
- Implementar completamente, baseado no projecto simples realizado, o Assistente Pessoal VoIP e realizar testes com o intuito de refinar o Assistente;
- Actualizar, se necessário, a descrição das funcionalidades das aplicações, visto as suas características estarem em constante mutação.

No seguimento e como corolário deste trabalho foi criado um site, acessível em <http://www.voipluso.com>, onde foi colocada toda a informação relevante deste projecto. Derivado à escassez de recursos de informação neste domínio em Portugal, este site servirá também para manter toda e qualquer informação, a mais actualizada possível, sobre a utilização da tecnologia VoIP em Portugal, dando primordial importância ao uso de *softphones*.

REFERÊNCIAS

- [Aboba, 1993] Aboba, B., *The Online User's Encyclopedia: Bulletin Boards and Beyond*, Addison-Wesley, 1993
- [Abowd et al., 1996] Abowd, G.; Engeslma, J.; Guadagno L. e Okon, O., *Architectural Analysis of Object Request Brokers*, Object Magazine, pp. 44-51, 98, Março de 1996
- [Alcatel, 2002] *Emerging Voice Protocols*, An Alcatel Executive Briefing, Abril de 2002
- [Em linha]. Disponível em <http://www.securitytechnet.com> [Consultado em Outubro de 2005]
- [ANACOM, 2001] ANACOM, *Infra-estrutura das Comunicações*, 2001 [Em linha]. Disponível em <http://www.osic.unic.pt> [Consultado em Outubro de 2005]
- [Barr e Feigenbaum, 1981] Barr, A. e Feigenbaum, A., *The Handbook of Artificial Intelligence*, Vol. 1, Los altos, Morgan Kaufmann, 1981
- [Bates, 2002] Bates, R. J. “Bud”, *Voice Over IP*, McGraw-Hill Professional, 2002
- [Bond e Gasser, 1988] Bond, A. H. e Gasser, L., *An Analysis of Problems and Research in DAI*, Morgan Kaufmann Publishers, 1988
- [Brooks, 1986] Brooks, R. A., *A robust layered control system for a mobile robot*, IEEE Journal of Robotics and Automation, 1986
- [Cardoso, 1999] Cardoso, H. L., *Sistema Multi-Agente para Comércio Electrónico*, Tese de Mestrado em Inteligência Artificial e Computação (FEUP, FCUP e FEP), 1999
- [Casner et al., 1992] Casner, S. e Deering, S., *First IETF Internet audiocast*, ACM SIGCOMM Computer Communications Review, pag. 92-97, Julho 1992 [Em linha]. Disponível em <http://citeseer.ist.psu.edu> [Consultado em Outubro de 2005]
- [Chandrasekaran, 1981] Chandrasekaran, B., *Natural and social system metaphors for distributed problem solving: introduction to the issue*, IEEE Transactions on S.M.C., 1981
- [Cockayne et al., 1998] Cockayne, W.T. e Zyda, M., *Mobile Agents*, Manning Publications Co, 1998
- [Coelho, 1994] Coelho H., *Inteligência Artificial em 25 Lições*, Fundação Calouste Gulbenkian, 1994
- [Cole, 1981] Cole, R., *PVP – A Packet Video Protocol*, W-Note 28, Information Sciences Institute, University of California, Los Angeles, CA, Agosto de 1981

- [Computer World, 2005] Computer World, 2005 [Em linha]. Disponível em <http://www.computerworld.com> [Consultado em Agosto de 2005]
- [Corrêa, 1994] Corrêa, M., *A arquitetura de Diálogos entre Agentes Cognitivos Distribuídos*, Tese de Doutorado, UFRJ/COPPE, 1994
- [Demazeau e Muller, 1990] Demazeau Y. e Muller, J. P., *Decentralized Artificial Intelligence*, Elsevier Science Publishers, 1990
- [Dorcey, 1997] Dorcey, T., *Biography*, 1997 [Em linha]. Disponível em http://www.ivirus.com/about/tim_bio.html [Consultado em Outubro de 2005]
- [Etzione et. al., 1994] Etzione, O.; Lesh, N.; Segal, R., *Building Softbots for UNIX*, In: Software Agents, AAAI Press, 1994
- [Ferber, 1999] Ferber, J., *Multi-Agent Systems – An introduction to distributed artificial intelligence*, Addison Wesley Longman, 1999
- [Ferguson, 1992] Ferguson, I. A., *Touring Machines: An architecture for adaptive, rational, mobile agents*, Ph.D. thesis, ClareHall, University of Cambridge, UK, 1992
- [Finin, et al., 1994] Finin, T. ; Fritzon, R. ; McKay, D. e R. McEntire, *KQML as an agent communication language*, In: Proceedings of the Third International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM'94), ACM Press, 1994
- [FIPA, 2001] *Foundation for Intelligent Physical Agents*, FIPA ACL Message Structure Specification [Em linha]. Disponível em <http://www.fipa.org/rfcs> [Consultado em Outubro de 2005]
- [Fortune, 2004] Revista Fortune, 16 de Fevereiro, 2004 [Em linha]. Disponível em <http://www.telecommagazine.com/techzones/Article.asp?Id=0409i10> [Consultado em Outubro de 2005]
- [Franklin e Graesser, 1996] Franklin, S. e Graesser, A., *Is It An Agent, or Just a Program? A Taxonomy for Autonomous Agents*, In: Proceedings of the Third International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages, New York: Springer-Verlag, 1996
- [Gomes, 2004] Gomes, C., *Voz sobre IP – VoIP*, INATEL – Instituto Nacional de Telecomunicações, 2004 [Em linha]. Disponível em http://www.inatel.br/posgraduacao/redes/download/VoIP_Pos_Graduacao_Brasilia.pdf [Consultado em Dezembro de 2005]
- [Green, 2002] Green, J. H., *Voice and Video Over IP*, McGraw-Hill Professional, 2002

- [H.323, 1996] Telecommunication Standardization Sector of ITU, *Visual telephone systems and equipment for local area networks which provide a non-guaranteed quality of service*, Recomendação H.323, Geneva, Suíça, Maio de 1996
- [Handley et al., 1997] Handley, M.; Crowcroft, J.; Bormann, C.; Ott, J., *The internet multimedia conferencing architecture*, Internet Draft, Internet Engineering Task Force, Julho de 1997
- [Hardy, 2003] Hardy, W. C., *VoIP Service Quality: Measuring and Evaluating Packet-Switched Voice*, McGraw-Hill Companies, 2003
- [Hayes-Roth, 1995] Hayes-Roth, B., *An Architecture for Adaptive Intelligent Systems, Artificial Intelligence: Special Issue on Agents and Interactivity*, Vol. 72, Nº1-2, 1995
- [Huhns et al., 1997] Huhns, M. N. e Singh, M. P. *Readings in Agents*, New York: Morgan Kaufmann, 1997
- [Ibe, 2001] Ibe, Oliver C., *Converged Network Architectures: Delivering Voice and Data Over IP, ATM, and Frame Relay*, Wiley, Novembro de 2001
- [Jain e Hassan, 2003] Jain, R. e Hassan, M., *High Performance TCP/IP Networking*, Prentice Hall, 2003
- [Jennings et al., 1996] Jennings, N.R. et al., *Using Intelligent Agents to Manage Business Process*, In Proceedings of the First International Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi Agent Technology, London, 1996, p. 345-360
- [Jennings et al., 1998] Jennings, N.R.; Sycara, K.; Wooldridge, M., *A Roadmap of Agent Research and Development*, Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, Vol. 1, Nº. 1, 1998, p. 276-306
- [Klusch, 1999] Klusch M., *Intelligent Information Agents: Agent-Based Information Discovery and Management on the Internet*, Springer-Verlag, Berlin/ Heidelberg, 1999
- [Lander e Lesser, 1993] Lander, S. e Lesser V., *Understanding the role of negotiation in distributed search among heterogeneous agents*, Proceedings of the Thirteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence, Chamberry, France, 1993
- [Macedo, 2003] EURESCOM MESSAGE: *Methodology for Engineering Systems of Software Agents – Deliverable 1*, Project P907-GI, Setembro 2001 [Em linha]. Disponível em <http://www.eurescom.de> [Consultado em Outubro de 2005]

- [Maes, 1996] Maes, P., *Intelligent Software: Programs That Can Act Independently Will Ease the Burdens that Computers Put on People*, IEEE Expert Systems, Vol. 11, No. 6, pp. 62-63, Dezembro de 1996
- [Michaely, 2000] Michaely, B., *In depth H.323 overview*, Novembro de 2000 [Em linha]. Disponível em http://people.itu.int/~michaely/docs/indepth_H323.ppt [Consultado em Outubro de 2005]
- [McCanne e Jacobson, 1995] McCanne, S. e Jacobson, V., *Video Conferencing Tool* [Em linha]. Disponível em <http://www-nrg.ee.lbl.gov/vic> [Consultado em Novembro de 2005]
- [Michaely, 2000] Michaely, B., *In depth H.323 overview*, Novembro de 2000 [Em linha]. Disponível em http://people.itu.int/~michaely/docs/indepth_H323.ppt [Consultado em Outubro de 2005]
- [Mouta, 1996] Mouta, F. A., *Ambiente de Desenvolvimento de Sistemas Multi-Agente para controlo e Supervisão de Processos em Aplicações Distribuídas*, Tese de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1996
- [Newell, 1988] Newell, A., *Putting It All Together*, In: D. Klahr e K. Kotovksy (Eds.), *Complex Information Processing: The Impact of Herbert Simon*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1988
- [Nwana, 1996] Nwana, H., *Software Agents: An Overview*, Knowledge Engineering Review, 1996
- [Poole et al., 1999] Poole, H.; Schuyler, T.; Senft, T. M.; Moschovitis, C. J. P., *History of the Internet: A Chronology, 1843 to the Present*, ABC-Clio Inc, 1999.
- [Postel, 1982] Postel, J., *Simple Mail Transfer Protocol*, Request for Comments 821, *Internet Engineering Task Force*, Agosto de 1982. [Em linha] Disponível em <http://www.ietf.org> [Consultado em Outubro de 2005]
- [Postel, 1980] Postel, J., *User Datagram Protocol*, Request for Comments 768, *Internet Engineering Task Force*, Agosto de 1980 [Em linha]. Disponível em <http://www.ietf.org> [Consultado em Outubro de 2005]
- [Rao e Georgeff, 1995] Rao, A. S. e Georgeff, M. P., *BDI Agents: Form Theory to Practice*, Proceedings of the 1st International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS) – San Francisco, 1995
- [Reis, 2002] Reis, L. P., *Agentes Autónomos*, LIACC (NIAD&R) – Research Report, Março de 2002

- [Reis, 2003] Reis, L. P., *Coordenação em Sistemas Multi-Agente: Aplicações na Gestão Universitária e Futebol Robótico*, Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Junho de 2003
- [RFC 741, 1997] Cohen, D., *Specification for Network Voice Protocol (NVP)*, Network Working Group, Request For Comments 741, Internet Engineering Task Force, Novembro 1977.
- [RFC 2205, 1997] Braden, R.; Zhang, L.; Berson, S.; Herzog, S.; Jamin, S., Request for Comments 2205, IETF, *Resource ReSerVation Protocol (RSVP) – Version 1 Functional Specification*, Setembro de 1997 [Em linha]. Disponível em <http://www.ietf.org> [Consultado em Setembro de 2005]
- [Rosenberg, 2001], Rosenberg, J., *Distributed Algorithms and Protocols for Scalable Internet Telephony*, PhD thesis, Columbia University, 2001
- [Rocha, 1994] Rocha, A. P., *Cooperação entre agentes cognitivos: Negociação e Resolução de conflitos*, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1994
- [Rocha e Oliveira, 1995] Rocha, A. P. e Oliveira, E., *Studying conflicts in cooperative multi-agent systems*, First Australian Workshop on Distributed Artificial Intelligence, Camberra, Austrália, 1995
- [Rosenberg et al., 2002] J., Rosenberg; Schulzrinne, H.; Camarillo, G.; Johnston, A.; Peterson, J.; Sparks, R.; Handley, M.; Schooler, ICIR E., *SIP: Session Initiation Protocol*, Request For Comments 3261, Internet Engineering Task Force, Junho de 2002
- [Russel e Norvig, 1995] Russel, S.; Norvig, P., *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, New Jersey, Prentice Hall, 1995
- [Schulzrinne e Rosenberg, 1998] Schulzrinne, H. e Rosenberg, J., *Internet Telephony: architecture and protocols an IETF perspective*, Julho de 1998 [Em linha]. Disponível em www.cs.columbia.edu/~hgs/papers/Schu9902_Internet.pdf [Consultado em Outubro de 2005]
- [Schulzrinne, 2001] Schulzrinne, H., *The Session Initiation Protocol, tutorial*, Maio de 2001 [Em linha]. Disponível em <http://www.cs.columbia.edu/~hgs> [Consultado em Outubro de 2005]

- [Schulzrinne et al., 2003] Schulzrinne, H.; Casner, S.; Frederick, R.; Jacobson, V., Request for Comments 3550, *RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications*, Julho de 2003 [Em linha]. Disponível em <http://www.ietf.org> [Consultado em Outubro de 2005]
- [Schulzrinne, 1996] Schulzrinne, H., *Historical notes*, 1996 [Em linha]. Disponível em <http://www.cs.columbia.edu/~hgs/rtp/history.html> [Consultado em Outubro de 2005]
- [Sen e Durfee, 1994] Sen, S. e Durfee, E., *The role of Commitment in Cooperative Negotiation*, International Journal on Intelligent e Cooperative Information Systems, 1994
- [Sekaran e Sen, 1995] Sekaran, M. e Sen, S., *To help or not to help*, In: Proceedings Seventeenth Annual Cognitive Sciences Conference, Pittsburgh, Pennsylvania, 1995
- [Shmeil, 1999] Shmeil, M. A., *Sistemas Multi-Agente na Modelação da Estrutura e Relações de Contratação de Organizações*, Tese de Doutoramento em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 1999
- [Sichman et al., 1992] Sichman, J.; Demazeau, Y.; Boissier, O., *When can Knowledge-based systems be called agents?*, XII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, IX Simpósio Brasileiro de Inteligência Artificial, 1992
- [Smith et al., 1994] Smith, D. C.; Cypher, A.; Sphrerer, J., *KidSim: Programming agents without a programming language*, Communications of the ACM, 1994
- [Sousa, 2003] Sousa, J. P. P., *sIPtel – Um sistema de IPtel com suporte para vídeo utilizando o protocolo SIP*, Tese Mestrado, FEUP, 2003
- [Stallings, 2001] Stallings, W., *Business Data Communications*, 4ª edição, Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2001
- [Stone e Veloso, 1996] Stone, P. e Veloso, M., *Multi-Agent systems: A Survey from a Machine Learning Perspective*, Submitted to IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering (TKDE), 1996
- [Sycara, 1989] Sycara, K., *Multi-Agent Compromise via Negotiation*, In: L. Gasser e M. N. Huhns, Distributed Artificial Intelligence II, Morgan Kaufmann Publishers, 1989
- [Sycara et al., 1999] Sykara, K.; Lu, J.; Klusch M. e Widoff, *Matchmaking among heterogeneous agents on the Internet*, In Proceedings of the AAAI Spring Symposium on Intelligent Agents in Cyberspace, Standford, CA, USA, 1999
- [Tanenbaum, 2003] Tanenbaum, A., *Computer Networks*, 4ª edição, Prentice-Hall, 2003

- [Thomas, 1993] Thomas, S. R., *PLACA, An Agent Oriented Programming Language*, PhD Thesis, Stanford University, 1993
- [Thomas, 1994] Thomas, S. R., *The PLACA Agent Programming Language*, In: M. J. Wooldridge e N. R. Jennings (Eds.), *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Berlin: Springer-Verlag, 1994
- [Umair et al., 2001] Umair A.; Asif. A.; Lei, L.; Otto, R., *ECTE997 group project: real-time streaming of digital media files*, 2001 [Em linha]. Disponível em <http://edt.uow.edu.au/edtlab/ecte997/ecte997-group-projects/group03/conferencing.html> [Consultado em Outubro de 2005]
- [Vinodkrishnan, 2000] Vinodkrishnan, K., *Voice over IP: products, services and issues*, 2000 [Em linha]. Disponível em http://www.cse.wustl.edu/~jain/cis788-99/ftp/voip_products/index.html [Consultado em Outubro de 2005]
- [Wind River, 2002] *SIP vs. H.323: A Business Analysis*, Wind River white paper, 2002 [Em linha]. Disponível em <http://whitepapers.silicon.com> [Consultado em Outubro de 2005]
- [Wooldridge e Jennings, 1995] Wooldridge, M. J. e Jennings, N. R. *Intelligent Agents: ECAI-94, Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages*, Berlin: Springer-Verlag, 1994
- [Wooldridge, 2002] Wooldridge, M., *An Introduction to Multi-Agent Systems*, John Wiley & Sons, Ltd, 2002
- [Zlotkin e Rosenschein, 1990] Zlotkin, G. e Rosenschein, J. S., *Negotiation and Conflict Resolution in Non-Cooperative Domains*, In: *Proceedings of the 8th National Conference on Artificial Intelligence Boston, Massachusetts*, 1990