

Sistema digital de relato em voz para medicina baseado em PDA

Frederico Miguel Santos¹, João Paulo Cunha

1 – Departamento de Engenharia Electrotécnica, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Resumo - Este artigo apresenta as capacidades dos modernos computadores de bolso, também designados por Personal Digital Assistants (PDA), quando colocados ao serviço da medicina, aproveitando as suas capacidades multimédia. Sabendo à partida que os clínicos gastam parte do seu tempo na realização de tarefas secundárias, como sejam a escrita do relatório do exame de um paciente, torna-se necessário ir de encontro a uma solução que permita libertar o clínico da realização deste tipo de funções, de modo a aumentar o seu “tempo clínico”. A adopção de um sistema digital de gravação de relatórios por voz permite a introdução de dados de uma forma mais natural, podendo estes, mais tarde, ser alvo de transcrição para texto, quer esta seja feita de forma automática ou manual. É ainda possível que os relatórios acústicos sejam arquivados juntamente com o processo do paciente na base de dados hospitalar, podendo ser escutados em qualquer altura tal como foram ditados pelo médico. Este artigo descreve o desenvolvimento de um destes sistemas e a sua integração num sistema de informação clínico.

Abstract – This paper presents the capacity of the modern hand-held computers – Personal Digital Assistants (PDA), when used in medical set, taking advantages of its multimedia ability. Knowing that the physicians spend portion of their time doing secondary work, like manual writing the patient report, it seems necessary to find a solution that frees the doctor of that type of functions, in order to increase the “clinical time”. Using a voice recording system to create the medical report enables a natural way of data creation, allowing this to be, later, transcript to text, helped with headphones and a “foot-pedal” that controls the time evolution of audio sequence. It is even possible the keep the voice reports together with the patient folder in the hospital data base, which can be listened, at any time, as they were created by the physician. This paper presents the system development and the integration on a clinical information system.

I. INTRODUÇÃO

A prestação de cuidados de saúde é realizada por uma estrutura distribuída de serviços com áreas de competência ou especialização diferenciadas. Um factor importante para a eficácia da prestação de cuidados de saúde é a eficiência da comunicação entre os intervenientes que, aliás, é frequentemente deficiente. A disponibilidade do conhecimento clínico já existente sobre um paciente pode

acelerar o diagnóstico/tratamento, bem como contribuir para uma maior precisão deste processo.

A base de comunicação generalizada é o processo clínico, um *dossier* em papel que coleciona diversos relatórios e alguns exames complementares de diagnóstico, fazendo memória da interacção do paciente com aquela organização de saúde em particular.

A adopção dos sistemas de informação na área da saúde, nomeadamente ao nível da aquisição, armazenamento e comunicação do processo do paciente, confere uma vantagem estratégica fundamental para as organizações, pois cria uma estrutura idónea e eficiente para repositórios de dados clínicos partilhados, correctos e seguros.

A possibilidade do clínico poder ditar o relatório ao invés de o escrever, proporciona uma forma mais expedita de introdução de dados, uma poupança significativa de tempo, que poderá assim ser usada pelo médico para a realização de tarefas relacionadas com a medicina.

Neste artigo serão descritos os sistemas e técnicas adoptados para a gravação e transcrição dos relatórios de som, o reconhecimento de dígitos utilizado para etiquetagem automática dos relatórios, os resultados obtidos e opiniões dos utilizadores do sistema.

II. MATERIAL E MÉTODOS

O diagrama da arquitectura proposta é apresentado na figura 1, onde se ressalta a utilização de um computador de bolso (PDA) para gravação do relatório em voz.

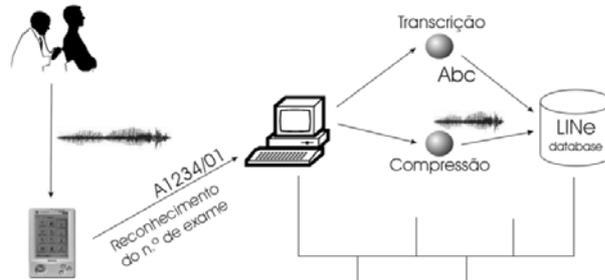


Fig. 1 - Diagrama de arquitectura do sistema

O processo é iniciado pelo médico através da gravação do relatório em voz para o PDA. Mais tarde, os diversos relatórios existentes no dispositivo portátil são transferidos para o computador de secretária, onde serão alvo de reconhecimento automático de voz, por forma a obter o número do exame, e de transcrição manual, para obtenção

do respectivo relatório em formato texto com possibilidade de impressão. No final, o relatório em texto e o semelhante em formato áudio são introduzidos automaticamente na base de dados hospitalar, ficando anexados à restante informação clínica do paciente.

O relatório e os exames em formato digital podem desta forma ser consultados através da adopção de uma base de dados distribuída acessível a todo o serviço hospitalar. O relatório de voz pode ser escutado, em qualquer altura e por qualquer pessoa com acesso à base de dados, tal como foi inicialmente gerado. A figura 2 mostra um esquema de utilização das aplicações desenvolvidas.

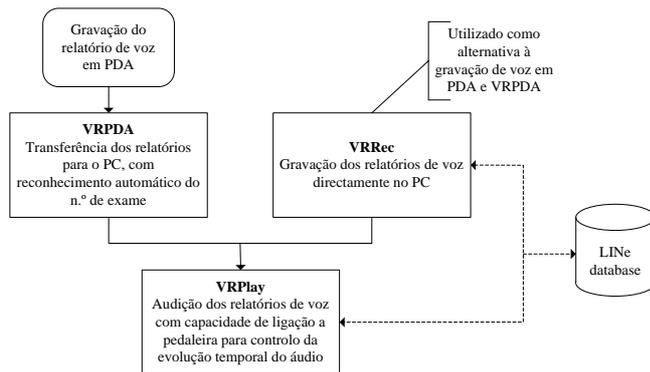


Fig. 2 – Sequência de utilização dos programas desenvolvidos

O desenvolvimento foi integrado no sistema de informação clínico LINE [1][2], do serviço de Neurofisiologia do Hospital Geral de Santo António no Porto, que assenta numa arquitectura distribuída ligada por uma rede *ethernet*, utilizando o sistema de gestão de bases de dados SQL Server 7.0 e interface com o utilizador desenvolvido em Microsoft Access 97. O sistema de informação clínico referido tem capacidade para armazenamento de toda a informação pessoal e clínica dos pacientes, tal como: relatórios clínicos, traçados de Bio-Sinal (EEG, EMG, ...), imagens médicas e vídeo.

A. Gravação/compressão do relatório em PDA

O clínico utiliza para a gravação do relatório, ao invés dos comuns gravadores de voz, um sistema informático portátil, de pequenas dimensões, conhecido por Personal Digital Assistant (PDA).

Este pequeno computador, para além de possuir as necessárias capacidades de gravação de voz, permite ao clínico agendar todo o seu trabalho, fazer anotações (escritas ou de voz), processar texto, criar/ler e-mail e sincronizar toda a informação com o seu computador de secretária. O interface utilizado neste tipo de equipamentos é de fácil aprendizagem e baseado no conhecido Microsoft Windows (dependente do tipo de equipamento). A navegação pelos menus é realizada com a ajuda de uma caneta, em tudo semelhante às canetas tradicionais, que se utiliza para ‘picar’ nas opções pretendidas.

Para a gravação de som estes equipamentos possibilitam, na generalidade, dois métodos de codificação: PCM e

MobileVoice. Consoante o equipamento são ainda disponibilizados outros métodos, como sejam o ADPCM, TrueSpeech e GSM06.10.

A tabela 1 apresenta a comparação entre os algoritmos de compressão de áudio mais comuns e os utilizados nos gravadores digitais de voz da Olympus, Sony e Philips. Para a compressão de voz, a Olympus opta pelo método Digital Speech Standard (DSS) [3], a Sony pelo ADPCM [4] e a Philips utiliza o CELP [5]. Para a realização do teste foi utilizada uma amostra de voz com duração de 31seg., gravada em monofonia (1 canal) a 8 kHz, retirada do site da Olympus [3].

Formato	Tamanho total (kB)	Razão de dados (kbps)	Factor de compressão	Qualidade MOS [6]
16-bit PCM	501	128	1:1	5
ITU-T Leis A e μ	253	64	2:1	4
MPEG-1 Layer 3	132	32	4:1	4
IMA/DVI ADPCM	130	32	4:1	3
LD-CELP	60	16	8:1	2
GSM 06.10	55	13	10:1	2
DSS	57	14	13:1	2
TrueSpeech 8.5	38	8,5	15:1	2
MobileVoice	14	2,4	53:1	1

Tabela 1 – Comparação entre formatos de áudio digital

Dos formatos apresentados, os últimos cinco, que são também os que apresentam as melhores taxas de compressão, são específicos para gravação digital de voz, enquanto os outros podem ser utilizados para áudio em geral. O formato GSM06.10 é utilizado na rede de telefonia móvel e o MobileVoice é um dos formatos adoptados nos computadores de bolso possuidores do sistema operativo Windows CE ou Pocket PC da Microsoft. A coluna correspondente à qualidade, classificada em MOS (Mean Opinon Scores) [7], refere-se a uma medida subjectiva que permite comparar qualitativamente os diferentes algoritmos de compressão, com base na opinião dos utilizadores.

De entre os vários métodos disponibilizados pelos PDAs, optamos pelo TrueSpeech 8.5 da DSP Group, Inc. [8], pelos seguintes motivos:

- Qualidade geral de voz muito boa, apresentando uma taxa de compressão elevada;
- Integração facilitada em sistemas baseados em Microsoft Windows, pois estes apresentam de origem o *codec* para manuseamento da informação codificada.

A utilização deste *codec* num equipamento com 16 Mbytes de RAM disponibiliza mais de 3 horas para gravação de relatórios em voz.

A gravação de voz em PDA é proporcionada sem recurso a qualquer tipo de acessório, através da aplicação “Voice Recorder”, que pode ser acedida através do menu Start (ver figura 3) ou por um botão, existente na lateral, que inicia automaticamente a gravação, mesmo com o equipamento desligado.

A identificação dos relatórios não é realizada através do nome, mas através da informação inicial ditada pelo clínico-

co. Assim, todos os nomes dos ficheiros resultantes da gravação de relatórios de voz são deixados inalterados, tendo o médico que iniciar a gravação do relatório, ditando o número do exame. Este processo minimiza a interacção entre o clínico e o dispositivo PDA, tornando mais rápida a criação de relatórios de voz.

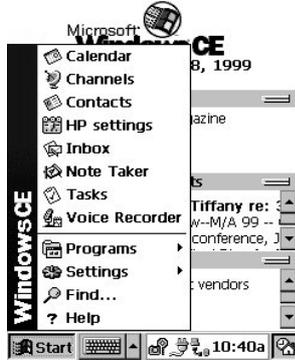


Fig. 3 – Menu Start do Windows CE ou Pocket PC

B. Reconhecimento do número de exame

Para automatizar a acção de identificação dos relatórios e possibilitar a ligação do relatório ao processo completo do paciente, foi utilizado um sistema de reconhecimento automático de voz, que permite obter, a partir dos segundos iniciais de cada relatório, o número do exame.

O reconhecimento de voz foi realizado com o auxílio da ferramenta de *software* HTK [9] actualmente propriedade da Microsoft, e disponibilizado de forma gratuita, em <http://htk.eng.cam.ac.uk/>, para utilização em escolas ou desenvolvimento de *software* sem fins comerciais. Esta ferramenta é caracterizada por se basear em Hidden Markov Models (HMM), o método mais comum para reconhecimento automático de voz [10].

A ferramenta de reconhecimento teve de ser totalmente configurada e treinada, o que, simplificando, comporta as seguintes fases [11]:

- Criação do dicionário e gramática (ou rede);
- Etiquetagem dos fonemas para cada ficheiro de som;
- Parametriação dos dados, conversão das formas de onda para sequências de vectores;
- Construção dos modelos iniciais por fonema;
- Reestimação de Baum-Welch;
- Ajuste dos modelos de silêncio;
- Criação de trifones a partir de monofones;
- Ligação dos trifones;
- Reconhecimento.

No nosso sistema, o reconhecimento de voz, assenta apenas na análise de números e algumas letras, para extracção do número de exame, não permitindo o reconhecimento do relatório no seu todo, tendo sido treinado com 51 amostras, 20 destas geradas aleatoriamente.

C. VRPDA – Cópia dos relatórios do PDA para o PC

Por forma a minimizar a interacção entre utilizador e o PC e a maximizar a automatização do sistema, foi construído um componente de *software* responsável pela transferência dos relatórios de voz do PDA para o PC. A figura 4 mostra o diagrama geral da aplicação VRPDA, construído em UML [12].

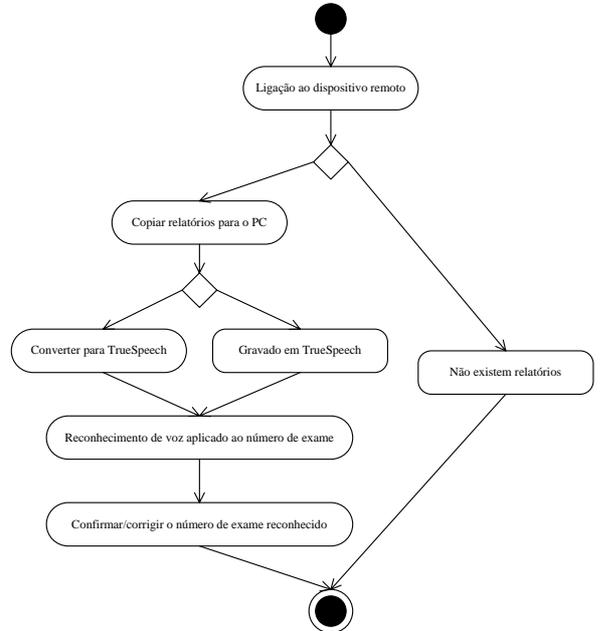


Fig. 4 – Diagrama de actividades da aplicação VRPDA

Caso o *codec* utilizado no PDA, para gravação dos relatórios, não tenha sido o TrueSpeech é realizada a conversão do ficheiro de som para este método, por forma a que todos os relatórios áudio constantes na base de dados possuam o mesmo formato e ocupem o menor espaço possível.

Depois de copiados os ficheiros de voz, cada relatório é alvo de reconhecimento automático, nos segundos iniciais, com vista à extracção do número de exame. Após a confirmação do utilizador, o nome do ficheiro é alterado, sendo-lhe atribuído o número de exame reconhecido.

D. VRPlay – Reprodução dos relatórios de voz

Esta aplicação foi construída com o intuito de ser utilizada quer pelos membros do secretariado, no momento de transcrição/verificação do relatório em voz, quer pelos clínicos, numa consulta ao processo do doente, estando agora também disponível a versão falada do relatório.

Para auxílio à transcrição, o *software* permite sincronismo entre os controlos de uma pedaleira e os botões mostrados no ecrã.

A aplicação (ver figura 5) caracteriza-se por possuir:

- Pequena dimensão;
- Operação em modo sempre visível;
- Slide Bar;
- Aspecto gráfico simplificado e intuitivo.

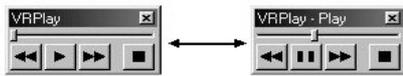


Fig. 5 – Aplicação VRPlay

A pedaleira utilizada é a Olympus Foot Control RS20, que é ligada ao PC através de um adaptador de comunicações (ver figura 6). O adaptador construído, baseado no microcontrolador PIC16C73, permite a ligação às portas série ou paralela do PC.



Fig. 6 – Ligação da pedaleira ao PC

E. VRRec – Gravação de relatórios em PC

Este componente foi construído para utilização de recurso, na incapacidade de utilização do PDA. Possibilita a gravação do relatório de voz directamente no PC, através de um microfone ligado à placa de som.

Tal como o VRPlay, opera em modo sempre visível para que o utilizador nunca deixe de ter acesso aos botões de comando. A figura 7 mostra a sequência de utilização.

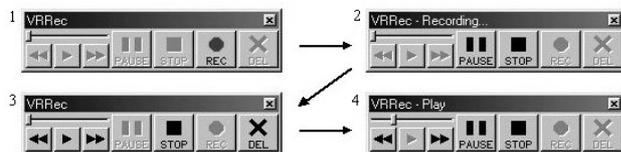


Fig. 7 – Aplicação VRRec

A gravação directamente no PC tem como principais desvantagens:

- Inexistência de mobilidade – o microfone encontra-se ligado por um fio ao PC e é necessário interagir com o computador para iniciar e finalizar a gravação;
- Incapacidade do PC em gravar directamente em TrueSpeech, o que leva à gravação em PCM 16 bits, 8kHz e posterior conversão para o formato desejado.

III. RESULTADOS

A. Reconhecimento do número de exame

Para teste ao reconhecedor utilizaram-se apenas os oito segundos iniciais de 34 relatórios, onde se encontra gravado o número pretendido, obtendo-se os resultados da tabela 2. A referida tabela apresenta os seguintes valores de exactidão: 76,47% e 96,32%, respectivamente para frases completas (números de exame) e palavras (dígitos e

letras). N representa o número de observações utilizadas no teste, sendo H o número de decisões correctas e S o valor de observações incorrectamente reconhecidas.

```

===== HTK Results Analysis =====
Date: Wed Apr 9 18:30:39 2003
Ref : teste/testeref.mlf
Rec : teste/recout.mlf
----- Overall Results -----
SENT: %Correct=76.47 [H=26, S=8, N=34]
WORD: %Corr=96.32, Acc=95.96 [H=262, D=1, S=9,
I=1, N=272]
=====

```

Tabela 2 – Resultados do reconhecimento automático

Da análise mais cuidada aos resultados, verificou-se que a maior “confusão” do sistema reconhecedor ocorre com o número 3 (três), que foi por duas vezes trocado pelo número 0 (zero). O facto do número 3 (três) possuir, juntamente com o número 9 (nove), o menor valor de amostras utilizadas em treino, pode justificar o erro protagonizado pelo *software* de reconhecimento. Também a circunstância de se utilizar um algoritmo de elevada compressão de voz, que limita a largura de banda e deteriora a qualidade geral do sinal, aliado ao baixo treino do sistema (foram utilizadas apenas 51 amostras), pode justificar os valores de erro apresentados.

B. Tempos e análise

Junto dos utilizadores foram realizadas medições do tempo total gasto para a criação do exame (realizado pelo clínico) e transcrição manual dos relatórios (realizado pelo secretariado), quer estes tenham sido gerados de forma tradicional – escrita, quer tenham sido gravados em voz no PDA.

O diagrama da figura 8 mostra a sequência completa, necessária à obtenção de um relatório final de exame, para os dois métodos.

Na figura estão referidas as seguintes temporizações:

- T1** Criação do relatório;
- T2** Tempo de espera existente entre T1 e T3;
- T3** Transcrição do relatório;
- T4** Correção do relatório;
- T5** Validação;

É observável, pela figura 8, que através da introdução do novo método, é possível disponibilizar o relatório em voz, antecipadamente. A adopção por esta estratégia, que não foi testada no serviço hospital devido às limitações do sistema informático do HGSA, proporciona uma melhoria significativa na prestação dos serviços de saúde, através da redução do tempo normalmente necessário para obtenção de um relatório. Por outro lado, este modelo incorre em problemas de segurança, como sejam a originalidade do relatório, requerendo sistemas de protecção capazes de assegurar a inviolabilidade do relatório.

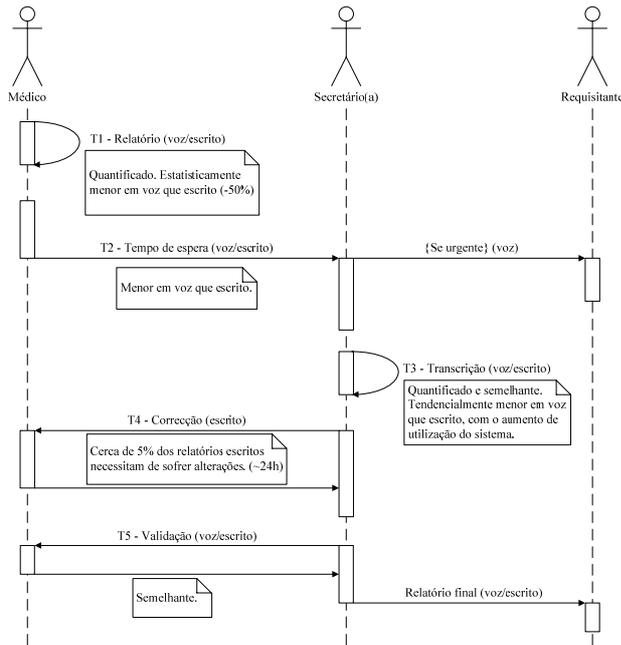


Fig. 8 – Diagrama de sequência para obtenção do relatório final

Os tempos T1 e T3, foram alvo de análise estatística, através do teste T de duas amostras, que permite determinar se as médias de duas populações são iguais [13]. Os resultados da análise estatística dos dados para a gravação do relatório (T1), são mostrados na fig. 9 e tabela 3.

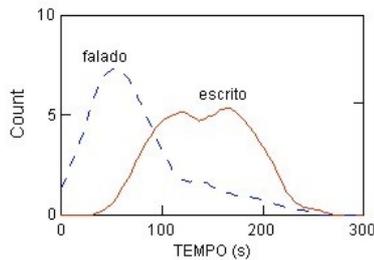


Fig. 9 – Curvas de distribuição

Grupo	N	Média (seg.)	Desvio Padrão (seg.)
Escrito	28	142	41
Falado	28	75	47

t = 5,7 graus liberdade = 53,2 p < 0,001
 dif. média = 66,9 seg. int. confiança 95% = 43,3 a 90,5 seg.

Tabela 3 – Resultados estatísticos

A tabela e figura referidas mostram claramente que existe diferença nos tempos despendidos antes e depois da utilização do PDA. A resposta à questão: “Será que a introdução do novo sistema possibilita a diminuição do tempo necessário para a criação dos relatórios de exame?” é dada pelo valor de prob., que garante a existência dessa diferença. É possível abstrair da tabela, que a criação do relatório em PDA é aproximadamente 70 seg. mais rápida do que utilizando o processo de escrita manual de um relatório rascunho, obtendo-se assim um ganho de cerca de 50% com o novo método.

O relatório manuscrito, depois de criado pelo médico, não é imediatamente transcrito, existindo um tempo de

espera (T2), normalmente não superior a 5 dias. Este tempo é condicionado pelo método de funcionamento do serviço, tendo-se verificado que o secretariado opta por acumular um número considerável de relatórios e só depois procede à transcrição, em série. Com a utilização do novo sistema, os relatórios em voz são descarregados para o PC do secretariado no final do dia, ficando desde logo disponíveis para transcrição. A transcrição é normalmente realizada ou no próprio dia ou no dia imediatamente seguinte, proporcionando uma celeridade elevada no tempo total necessário à obtenção do relatório no seu formato final.

No que confere à transcrição manual do relatório em voz ou do “relatório rascunho” em papel (T3), os resultados são apresentados na figura 10 e tabela 4.

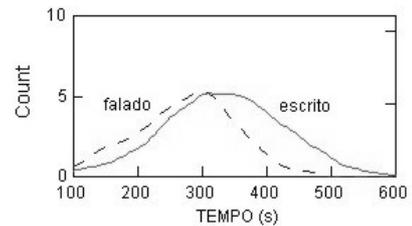


Fig. 10 – Curvas de distribuição

Grupo	N	Média (seg.)	Desvio Padrão (seg.)
Escrito	25	331	89
Falado	20	275	73

t = 2,4 graus liberdade = 43,0 p = 0,023
 dif. média = 56,7 seg. int. confiança 95% = 8,1 a 105,3 seg.

Tabela 4 – Resultados estatísticos

Na transcrição, as diferenças não são tão notórias como na gravação, mas mesmo assim é possível observar pela figura 10 que a transcrição dos relatórios falados tende a ser mais rápida. Este teste acabou por se revelar estatisticamente sem significado, uma vez que o secretariado não se encontra suficientemente adaptado à utilização da pedaleira, circunstância causadora de inúmeros erros e interrupções, contrastando com a elevada prática de transcrição de relatórios manuscritos adquirida em mais de 7 anos de serviço na unidade hospitalar. O facto de no novo método, o relatório ser ouvido e controlado pelos membros inferiores, restando à visão apenas o seguimento da informação digitada, proporciona um método mais confortável para transcrição manual. É nossa convicção que os valores apresentados para a transcrição com pedaleira tendem a baixar com a maior utilização e adaptação ao sistema.

Para a transcrição de relatórios manuscritos, e devido à caligrafia do médico, é comum surgirem palavras não entendidas ou trocadas, necessitando, por parte do clínico, da leitura atenta do relatório, para verificação/correção de erros (T4). Tendo por base os relatórios escritos do ano de 2002, foi possível apurar que aproximadamente 5% dos relatórios manuscritos necessitaram de alterações, antes de serem validados. Esta iteração condiciona uma pausa ao percurso mostrado pela figura 8, normalmente superior a 24 horas.

C. Opinião dos utilizadores

A classe médica, é unânime em qualificar o sistema como uma evolução ao actual processo de escrita manual de relatórios, tecendo ainda comentários de comparação com os convencionais modelos de gravação analógicos, que conhecem de outros colegas/serviços da unidade hospitalar. A utilização do PDA para a gravação do relatório em voz, aliada às características próprias do equipamento, agradam decididamente, revelando que este é, sem dúvida, o equipamento ideal para ajuda ao exercício da sua função. A utilização do PDA para gravação do relatório é simples, bastando premir um único botão.

Junto do secretariado, os comentários revelam a utilidade do sistema como: dinamizador de trabalho, eficiente e prático. É considerado de fácil utilização, embora a utilização da pedaleira necessite de muita prática para aproveitamento das suas reais capacidades. O facto de o relatório ser ditado ajuda a contornar os problemas advindos da caligrafia: letras trocadas e palavras incompreendidas. A utilização dos auscultadores proporciona uma concentração elevada, não havendo lugar a interrupções motivadas por conversas ou pelo toque do telefone.

IV. CONCLUSÕES

O novo sistema, para além de uma redução do tempo utilizado pelo clínico para a descrição do relatório, utiliza um método mais expedito de entrada de texto – a voz. Aos secretários, a tarefa de introdução do relatório no sistema informático está também mais facilitada e cómoda, através da utilização de pedaleira e auscultadores.

A introdução deste tipo de sistemas permite o incremento de disponibilidade dos médicos para a execução das suas funções, para além de reduzir o tempo entre a marcação/observação e criação do relatório final do exame.

Os utilizadores do sistema são unânimes em referenciar as potencialidades do sistema, assim como o aumento de disponibilidade introduzido pelo mesmo.

O método de compressão de voz escolhido foi o TrueSpeech, que se revelou de excelente qualidade para a gama de frequências da voz, proporcionando integração em equipamentos baseados no sistema operativo Windows da Microsoft, quer este seja um sistema para PC, quer seja para PDA.

O sistema reconhecedor utilizado para extracção do número de exame, revelou um desempenho aceitável, não proporcionando, até ao momento, a agulhagem automática do relatório de voz para a base de dados médica, requerendo, sempre, a verificação/correção do número reconhecido.

V. EVOLUÇÕES FUTURAS

O aumento do treino do actual sistema de reconhecimento de voz, poderá proporcionar a agulhagem automática

do relatório de voz para a base de dados, minimizando o número de interações com o utilizador.

Como grande evolução ressalta-se a introdução de reconhecimento automático de voz a todo o relatório, permitindo desta forma a automatização completa da tarefa de transcrição do relatório, poupando custos ao nível de recursos humanos e minimizando o tempo que medeia entre a gravação do relatório e a disponibilização deste na forma escrita [14].

Sabemos que, neste momento, a concretização desta problemática estará relativamente próxima, dada a grande evolução dos sistemas de reconhecimento de voz, sendo o único entrave a nossa língua, pois as grandes companhias que trabalham na transcrição automática para a área médica ainda não produzem produtos em português europeu.

REFERÊNCIAS

- [1] J. P. Cunha e P.G. Oliveira, *LINe: Laboratório Integrado de Neurofisiologia*. Porto: INESC/JNICT, 1994. Relatório final.
- [2] J. P. Cunha, "Diagnosis Support in Epilepsy: A Multimedia Information System", *Windows on Healthcare*, n.º 4, pp. 13-15, 1998.
- [3] (2000) Olympus Voice Processing website. [Online]. Disponível em: <http://cf.olympus-europa.com/consumer/voice>
- [4] (2001) Sony Corporation website. [Online]. Disponível em: <http://www.sony-europe.com>.
- [5] (2001) Philips Speech Processing website. [Online]. Disponível em: <http://www.speech.philips.com>
- [6] A. Pam e B. Hemming. (1997). "A comparison of Internet audio compression formats". *Serious Cybernetics*. [Online]. Disponível em: <http://www.sericyb.com.au/audio.html>
- [7] A. M. Kondoz, *Digital Speech, coding for low bit rate communication systems*. England: John Wiley & Sons Ltd, 1994.
- [8] (2000) DSP Group, Inc. website. [Online]. Disponível em: <http://www.dspg.com>.
- [9] S. Young, et.al. (2000). *The HTK Book, for HTK version 3.0*. Microsoft Corporation. [Online]. Disponível em: <http://htk.eng.cam.ac.uk/download.shtml>
- [10] J. Tebelskis, *Speech Recognition using Neural Networks*. Pennsylvania: School of Computer Science, 1995. Tese de doutoramento.
- [11] E. Cordeiro, J. Duque e J. Rato, *SAITel: Sistema Automático de Informação por Telefone*. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 1999. Relatório final de projecto.
- [12] M. Fowler e K. Scott, *UML Distilled, Applying the Standard Object Modeling Language*. Massachusetts: Addison Wesley Longman, Inc., 1997.
- [13] Senedecor e W. Cochran, *Statistical Methods*. Iowa State University Press, 8th ed., 1989.
- [14] G. Mönnich e T. Wetter, "Requirements for Speech Recognition to Support Medical Documentation", *Method of Information in Medicine*, n.º. 39, pp. 63-69, 2000.