

# Espectrograma de Sinais

Agostinho Ferreira<sup>1</sup> e Rogério P. Dionísio<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Escola Superior de Tecnologia, Instituto Politécnico de Castelo Branco

<sup>2</sup> DEE, Escola Superior de Tecnologia, Instituto Politécnico de Castelo Branco

Avenida do Empresário, S/N, 6000-767 Castelo Branco, Portugal

[agostinho\\_f@iol.pt](mailto:agostinho_f@iol.pt), [rdionisio@est.ipcb.pt](mailto:rdionisio@est.ipcb.pt)

**Resumo** — Nos tempos actuais o recurso a sistemas computadorizados é cada vez mais frequente e procurado em todos os ramos de actividade. A crescente utilização de sistemas de reconhecimento de fala, de detecção de sinais e até mesmo de afinação de instrumentos musicais tem levado ao desenvolvimento de novas técnicas nestes variados campos, o que tem originado o interesse cada vez maior por estas tecnologias. Verificando-se uma necessidade de recursos no apoio à instrumentação no laboratório, desenvolveu-se um espectrograma para PC na banda áudio, capaz de adquirir um sinal e fazer a sua análise no tempo e na frequência, com recurso à Transformada Rápida de Fourier (FFT). Para tal desenvolveu-se um programa de computador capaz de aplicar a FFT para posterior visualização dos resultados.

**Palavras Chave** — Análise de sinais no tempo, Transformada Rápida de Fourier, Análise de sinais na frequência, espectrograma, Número de amostras, Frequência de amostragem.

## I. INTRODUÇÃO

Com o passar do tempo e devido ao desenvolvimento tecnológico, assim como à necessidade do Homem em querer estudar tudo o que o rodeia, deu origem a que também os sinais sonoros fossem analisados.

Uma das formas que o Homem encontrou para analisar os vários sinais existentes, foi o espectrograma, que é um método instrumental objectivo para avaliar o resultado acústico de uma emissão sonora.

## II. OBJECTIVOS

Os principais objectivos deste trabalho consistem na apresentação de sinais multimédia simultaneamente no domínio do tempo e da frequência. Para tal será utilizada a Transformada Localizada de Fourier que utiliza uma janela de dimensão fixa no tempo para produzir um espectrograma.

Os objectivos específicos são:

- Implementação da Transformada Localizada de Fourier em *software*;
- Interface gráfica em MATLAB<sup>®</sup> com as seguintes funcionalidades mínimas:
  - Capacidade de gravação e reprodução de sons;
  - Visualização do sinal ao longo do tempo e no domínio da frequência;
  - Representação do espectrograma do sinal.
- Executável criado a partir do MATLAB<sup>®</sup>.

## III. ESPECTROGRAMA

O espectrograma é uma técnica que revolucionou o estudo dos sons devido ao facto de fornecer uma representação tridimensional num gráfico de dois eixos, no qual a frequência é representada num dos eixos, o tempo no outro eixos e a intensidade é visível pela variação de tonalidade (preto, cinza e branco) ou de cores. A seguinte figura representa um exemplo de um espectrograma.

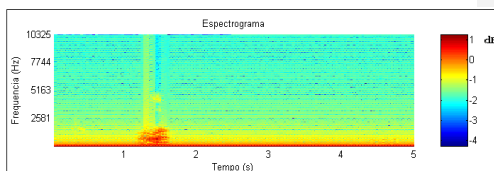


Fig. 1- Exemplo de um Espectrograma.

## IV. APLICAÇÃO

O desenvolvimento da aplicação tem como principal objectivo permitir que qualquer utilizador minimamente qualificado consiga utilizá-la sem qualquer problema.

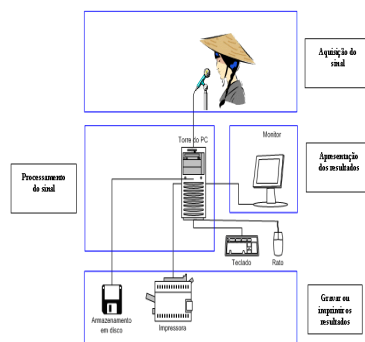


Fig. 2- Diagrama de blocos da aplicação.



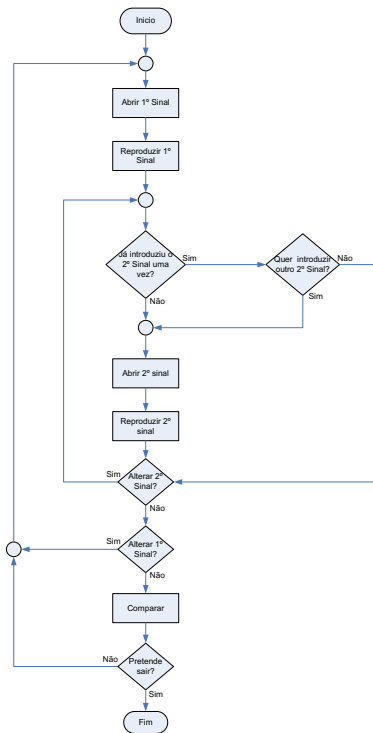


Fig. 8 – Fluxograma da Interface comparar.

## VI. HELP

Apesar de não ser um dos objectivos do projecto, para facilitar a utilização do *software*, foi desenvolvido um *help* da aplicação, para isso recorreu-se ao programa *Shacom Help Maker*.

O *help* desenvolvido tem a representação da Fig. 5, e pode ser accedido através do menu *ajuda* da interface principal.



Fig. 9 – Help da aplicação.

## VIII. TESTES EXPERIMENTAIS

Os testes experimentais efectuados para testar o funcionamento do *software*, consistem em:

- Verificar o tempo de gravação correspondente ao tempo seleccionado;
- A amplitude média e a frequência média calculada;
- A funcionalidade da opção “Comparar”.
- Programa desenvolvido Vs espectrograma do MATLAB®.

### A. Tempo de gravação Vs tempo seleccionado

O objectivo deste teste é verificar se o tempo de gravação corresponde ao tempo seleccionado, o que pode ser visualizado no seguinte grafico, em que  $T_g$  = tempo de gravação e  $T_s$  = tempo de simulação:

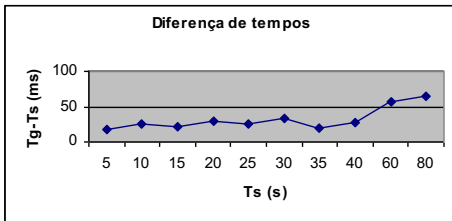


Fig. 10 – Gráfico de tempo de gravação Vs tempo selecionado.

### B. Amplitude e frequência média de um sinal

A amplitude e a frequência média são dois parâmetros de saída facultados na interface “principal”. Sendo assim introduziu-se um sinal com uma frequência de 3416 Hz de forma a verificar se os resultados obtidos correspondem à realidade. Obtiveram-se os seguintes resultados:

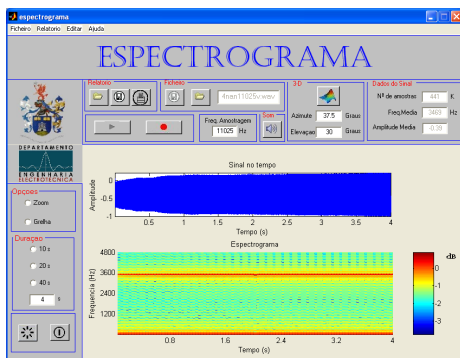


Fig. 11 – Resultado do sinal  $x(t)=2+\sin(2*\pi*3410*t)$ .

### C. Funcionamento da opção comparar

Para verificar o correcto funcionamento desta opção, procedeu-se a três experiências que consistem em comparar:

- Dois sinais iguais;
- Dois sinais diferentes.

#### I Dois sinais iguais

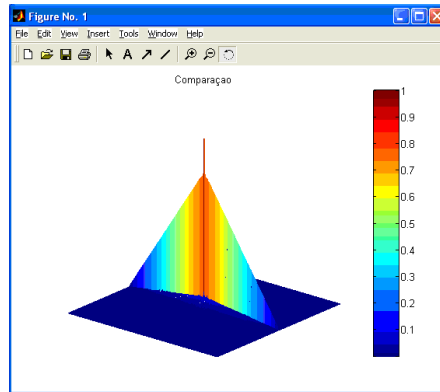


Fig. 12 –Dois sinais iguais.

#### II Dois sinais diferentes

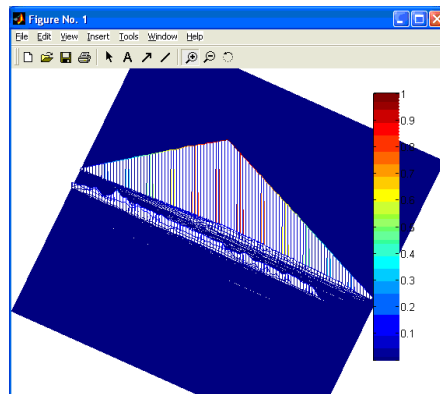


Fig. 13 –Dois sinais diferentes.

### D. Programa desenvolvido Vs espectrograma do MATLAB®

Para verificar a correcta representação deste espectrograma, procedeu-se à sua comparação com o espectrograma do MATLAB®, onde se obteve o seguinte resultado:

#### I Programa desenvolvido

Commented [RPD3]: Aqui falta descrever o resultado gráfico da figura

Commented [RPD2]: Falta descrever o que se vê na figura

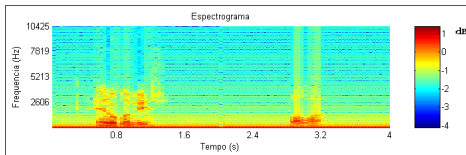


Fig. 14 – Resultado do sinal  $x(t)=2+\sin(2*\pi*3410*t)$ .

## II *Espectrograma do MATLAB®*

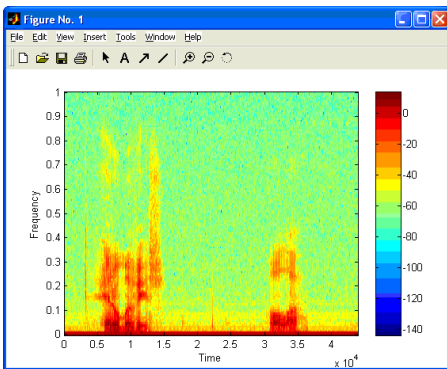


Fig. 15 – Resultado do espectrograma do MATLAB®

## IX. CONCLUSÕES GERAIS

No que respeita ao tratamento digital de sinais e às suas ferramentas, conclui-se que a transformada de Fourier é uma ferramenta matemática muito importante na análise de sinais. Pois é através dela que se consegue converter um sinal do domínio do tempo para o domínio da frequência e vice-versa, o que permite uma maior versatilidade na análise dos sinais, isto é, caso um sinal seja não periódico a análise no domínio do tempo torna-se algo de muito complexo visto ser um sinal de múltiplas frequências, tornando-se a sua análise mais fácil no domínio da frequência.

Quanto à aplicação desenvolvida, demonstra cumprir todos os objectivos propostos. No entanto nota-se alguma demora na obtenção dos resultados, devendo-se isto ao facto de o MATLAB® ser um programa que requer muitos recursos, o que não faz com que deixe de ser um bom programa na análise de sinais.

## REFERÊNCIAS

- [1] Vieira, Jussara Melo (2004), *Perfil espectrográfico da hipernasalidade de fala de mulheres portadoras de fissura palatina* [Consultado em 4 de Abril de 2005]. Disponível em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/82/82131/tde-25032004-083417/>
- [2] MATLAB C/C++ *Graphics Library – The Language of Technical Computing – User's Guide Version 2* [Programa de computador]. (2000). Natick, MA: The Mathworks, Inc.
- [3] MATLAB – *The Language of Technical Computing – Creating Graphical User Interfaces Version 1* [Programa de computador]. (2000). Natick, MA: The Mathworks, Inc.
- [4] Emmanuel C. Ifeakor, Barrie W. Jervis (1999), *Digital Signal Processing – A Practical Approach*, Addison Wesley, pp. 47-93
- [5] Isabel M. G. Lourtie (2002), *Sinais e sistemas*, Escolar Editora, pp. 141-156
- [6] Edward W. Kamen, Bonnie S. Heck (2000), *Fundamentals of Signals and Systems*, pp. 145-192
- [7] Philip Denbigh (1998), *System Analysis & Signal Processing*, Addison Wesley, pp. 199-222
- [8] Duane Hanselman, Bruce Littlefield (2003), *MATLAB® 6 Curso completo*, Pearson Education do Brasil Ltda.
- [9] Patrick Marchand (1999), *Graphics and GUIs with MATLAB*, CRC
- [10] Consultado em 27 de Abril de 2005. Disponível em <http://www.mathworks.com/>
- [11] Pereira, A., Poupa, C. (2003), *Como Escrever uma Tese*, Edições Sílabo, Lda., 1ª Edição.