



# Análise e Transformação de Dados

## Trabalho Prático nº 4 - Perguntas para o Relatório

Objectivo: Pretende-se efectuar a análise de sinais simultaneamente no tempo e na frequência. Para tal, usa-se a Transformada de Fourier em Janelas (STFT) que utiliza uma janela de dimensão fixa ao longo do tempo, e a transformada de Wavelet para realizar análises multi-resolução (janelas com várias dimensões). Pretende-se também analisar a aplicação da Transformada Discreta de Co-seno (DCT) na compressão de imagens no formato JPEG.

Linguagem de Programação: Matlab.

Relatório e Código relativamente a perguntas específicas sobre este trabalho:

- Data de entrega: 6 de Junho de 2012.
- Submissão: na plataforma *Nónio* (<https://inforestudante.uc.pt>).

Perguntas:

1. Uma das aplicações mais comuns da Transformada de Fourier em Janelas (STFT – *Short Time Fourier Transform*) consiste na detecção “instantânea” de frequências num sinal acústico. Assim, pretende-se determinar a sucessão de frequências fundamentais no sinal ‘saxriff.wav’.
  - 1.1. Leia, escute e represente graficamente o sinal e o seu espectro (magnitude do espectro do sinal em função da frequência  $f$ ).
  - 1.2. Determine a frequência fundamental em sucessivas janelas temporais com duração de 46.44ms e sobreposição de 5.8ms. Em cada janela, determine a magnitude do espectro recorrendo a uma janela de Hamming (função **hamming** do Matlab) e seleccione a frequência fundamental como sendo a frequência com amplitude máxima a partir de 100 Hz. Represente graficamente a janela considerada e o respectivo espectro em função da frequência  $f$ . Apresente o gráfico com a sucessão temporal de frequências fundamentais.
  - 1.3. Tal como verificou na alínea anterior, existe algum ruído na sequência de frequências fundamentais extraídas. Verifica-se a presença, nomeadamente, de alguns *outliers*, i.e., valores de frequências fundamentais incorrectos, correspondentes a transições abruptas. Elimine-os implementando para tal um filtro do tipo mediana sobre o sinal. Teste janelas de diferentes dimensões, e.g., 5, 7 e 9, utilizando a função **median** do Matlab. Apresente os resultados, mostrando os gráficos com a sucessão temporal de frequências fundamentais para cada um dos casos da mediana.
  - 1.4. Sintetize novos sinais a partir das sequências temporais de frequências obtidas em 1.2 e 1.3. Deverá gerar para cada janela temporal um sinal sinusoidal com uma frequência fundamental,  $f_0$ , e com a amplitude correspondente,  $A$ . Genericamente, o sinal deverá ser gerado por:  $x(t) = A \sin(2\pi f_0 t)$ , em que o tempo,  $t$ , deverá ser definido num intervalo temporal correspondente à janela em causa e com um passo adequado.  
Por exemplo, se na 1ª janela  $f_0$  for de 440 Hz, teremos  $f_0 = 440$  e  $t$  definido em  $[0, 40.64[$  ms. Na segunda janela,  $t$  será definido no intervalo  $[40.64, 81.28[$  ms, eventualmente com um valor de  $f_0$  diferente. Deverá então gerar o sinal para todo o intervalo temporal, guardá-lo com a função **wavwrite**, lê-lo com a função **wavread** e escutá-lo com a função **wavplay**.  
Represente graficamente cada um dos sinais obtidos.
  - 1.5. Em termos perceptuais, como compara o sinal original com os sintetizados?

2. A Transformada de Fourier em Janelas (STFT) também pode ser usada para identificar a sequência de notas musicais contidas num sinal, usando a seguinte tabela:

Dó	Dó <sub>sust.</sub>	Ré	Ré <sub>sust.</sub>	Mi	Fá	Fá <sub>sust.</sub>	Sol	Sol <sub>sust.</sub>	Lá	Lá <sub>sust.</sub>	Si
262Hz	277Hz	294Hz	311Hz	330Hz	349Hz	370Hz	392Hz	415Hz	440Hz	466Hz	494Hz

- 2.1. Considerando o ficheiro de áudio (som de piano) ‘escala.wav’, leia, escute e represente graficamente o sinal e o seu espectro (magnitude do espectro do sinal em função da frequência  $f$ ).
  - 2.2. Determine a sequência de notas musicais, usando sucessivas janelas temporais com duração e sobreposição apropriadas (indique os valores considerados). Calcule e indique o valor da resolução em frequência e apresente os resultados (sequência temporal das notas musicais).
  - 2.3. Considerando agora os ficheiros de áudio ‘piano.wav’ e ‘flauta.wav’, leia, escute e represente graficamente cada sinal e o respectivo espectro (magnitude do espectro do sinal em função da frequência  $f$ ).  
Dado que o sinal de áudio contido no ficheiro ‘flauta.wav’ foi obtido através de dois canais, considere apenas um dos canais ou efectue a fusão dos dois canais calculando a sua média.
  - 2.4. Determine a sequência de notas musicais em cada sinal, usando sucessivas janelas temporais com duração e sobreposição apropriadas (indique os valores considerados). Calcule e indique o valor da resolução em frequência e apresente os resultados (sequências temporais das notas musicais).
  - 2.5. A dimensão da janela terá uma influência significativa na detecção da sequência de notas dos sinais? Justifique.
3. A Transformada de *Wavelet* (DWT – *Discret Wavelet Transform*) possibilita a análise multi-resolução de sinais 1D.
- 3.1. Faça *load sinal.mat* e represente graficamente o sinal *sumsin\_freqbrk*.
  - 3.2. Usando a função **dwt(...)**, faça a decomposição do sinal com um nível de resolução, utilizando a *Wavelet* de *Haar*. Represente graficamente o detalhe e a aproximação.  
Nota: Com **waveinfo(...)** pode obter mais informações sobre a *Wavelet*. Com o comando *wavemenu* pode efectuar várias análises com *Wavelets*.
  - 3.3. Faça a reconstrução do sinal *sumsin\_freqbrk* a partir do detalhe e da aproximação (use a função **idwt(...)**). Analise e apresente os resultados.
  - 3.4. De modo a realizar uma análise multi-resolução do sinal *sumsin\_freqbrk*, faça uma decomposição do sinal com 4 níveis de resolução. Use a função **wavedec(...)** e a terceira *Wavelet* da família de *Daubechies*. Visualize, analise e apresente os resultados obtidos (coeficientes de detalhe e de aproximação e os sinais correspondentes).
  - 3.5. Repita a alínea anterior mas usando a segunda *Wavelet* da família *Symlet*. Compare e apresente os resultados.
  - 3.6. Faça a reconstrução do sinal para as duas *Wavelets*, considerando parcial (usando apenas o coeficiente de aproximação do nível 4, ambos os coeficientes do nível 4 e adicionando sucessivamente os coeficientes dos níveis superiores) e totalmente os coeficientes obtidos. Apresente e comente os resultados obtidos.
4. A Transformada de *Wavelet* (DWT – *Discret Wavelet Transform*) também permite efectuar a análise multi-resolução de sinais 2D.
- 4.1. Considerando o ficheiro *lenna.jpg*, use a função **wavedec2(...)** para decompor a imagem em dois níveis de resolução com a *Wavelet* de *Haar*. Apresente e comente os resultados.
  - 4.2. Efectue a reconstrução da imagem, considerando parcial (usando apenas o coeficiente de aproximação do nível 2 e os coeficientes de detalhe e de aproximação do 2º nível) e totalmente os coeficientes obtidos. Apresente e comente os resultados obtidos.

5. A Transformada Discreta de Co-seno (DCT – *Discret Co-sine Transform*) permite efectuar a compressão de imagens. Por exemplo, a DCT é usada no formato JPEG (*Joint Photographic Experts Group*).
  - 5.1. Leia e visualize a imagem contida no ficheiro *lenna.jpg*.
  - 5.2. Determine a Transformada Discreta de Co-seno (DCT) da imagem (use a função **dct2(...)**). Apresente o resultado.
  - 5.3. Calcule a DCT usando blocos de 8x8 elementos da imagem. Apresente o resultado.
  - 5.4. Efectue a reconstrução da imagem usando 1, 5, 10, 20 e todos os coeficientes da DCT calculados na alínea anterior. Apresente e comente os resultados.
  - 5.5. Compare e comente os resultados obtidos com as transformadas DCT e DWT.

### Nota sobre o Exercício 2:

A tabela apresentada no enunciado do exercício corresponde a uma parte do conjunto de todas as notas musicais. Os sons audíveis pelos humanos correspondem, usualmente, a frequências compreendidas entre 20Hz e 20KHz. Estando as notas musicais organizadas por oitavas, as suas frequências tomam o valor do dobro da frequência uma oitava acima e reduzem a metade quando estão uma oitava abaixo.

Na figura seguinte apresenta-se um conjunto mais alargado de notas musicais e respectivas frequências (com os valores mais exactos), sendo as notas correspondentes às teclas pretas os sustenidos.

