

*Ano Letivo 2022-2023*

*Proposta de trabalho prático –a desenvolver por cada grupo de dois estudantes  
(relatório a apresentar por cada grupo de dois estudantes, no Moodle, até 14 de maio)*

**Problema em Matlab de quantização de áudio no domínio das frequências usando ruído branco, ou ruído colorido, com transformada complexa (DFT) ou transformada real (MDCT)**

1. É fornecido um programa Matlab (`PCIM_14may23.m`) com um algoritmo de processamento de sinal áudio que realiza os seguintes objetivos (exceto ponto c.iv):
  - a. lê o conteúdo de um ficheiro em formato WAV para um vetor,
  - b. secciona o vetor anterior em segmentos de 1024 amostras e com 50% de sobreposição entre segmentos adjacentes,
  - c. por cada segmento efetua as seguintes funções:
    - i. multiplica as amostras do segmento por uma janela do tipo seno:  
$$h[n] = \sin(\pi/N*(0.5+n))$$
,
    - ii. representa numa janela gráfica as amostras do segmento, antes e após a multiplicação pela janela do tipo seno,
    - iii. calcula a sua DFT (via FFT),
    - iv. implementa um esquema de quantização (ver descrição abaixo) para as amostras espetrais, seguido de quantização inversa,
    - v. representa numa janela gráfica o espetro do sinal antes e após a quantização
    - vi. calcula a DFT (via FFT) inversa,
    - vii. multiplica o segmento reconstruído pela janela do tipo seno,
  - d. reconstrói o sinal de saída sobrepondo em 50% segmentos adjacentes e somando as respetivas amostras.
2. Implemente o passo 1.c.iv. O esquema de quantização nas frequências deverá usar um quantificador uniforme e deverá considerar duas variantes:
  - I. o passo de quantização é o mesmo para todos os coeficientes espetrais (parte real e imaginária) de um segmento, e é obtido considerando uma relação Signal-to-Mask Ratio (SMR) desejada em relação à potência média de cada segmento (estimada somando o quadrado do módulo de todos os coeficientes espetrais),
  - II. o passo de quantização é individualizado para cada amostra espectral de um segmento, e é obtido considerando uma relação Signal-to-Mask Ratio uniforme ao longo do espetro.

Obtenha, para cada variante de quantização, sinais PCM após quantização e quantização inversa tal que a sua SNR (calculada no domínio dos tempos, após todo o sinal ter sido processado) em relação ao sinal original seja muito aproximadamente 5 dB, 10 dB, 15 dB e 20 dB (estes valores poderão implicar uma iteração da execução do código já que o valor SNR final para uma dada SMR desejada, depende do áudio em processamento). Construa uma tabela com estes valores e também com a sua própria avaliação subjectiva da gravidade dos artefactos de codificação, para cada um desses valores, de acordo com a escala da norma

BS.1116 da ITU-R de apreciação subjetiva (ver capítulo 7 do livro Comunicações Audiovisuais).

Apresente o código Matlab produzido e represente gráficos representativos do espetro do sinal original e espetro do ruído de codificação (gráficos sobrepostos e descritivos de um único segmento de sinal), relativos por exemplo só aos casos em que SNR=5dB e SNR=20dB. Com base nos gráficos, nos valores da tabela e da apreciação subjetiva, retire conclusões quanto ao diferente impacto dos dois esquemas de quantização.

3. Considere o programa Matlab (`qzmdct.m`) fornecido. Verifique e confirme se o esquema de processamento idêntico ao definido em 1. mas, em que se substituiu a transformada (complexa) DFT pela transformada (real) MDCT, assegura reconstrução perfeita. Repita o ponto 2 para a MDCT, de modo a permitir a comparação de resultados entre o uso da DFT e da MDCT. Há diferenças assinaláveis entre o uso da DFT e da MDCT ?

#### **Para relatório:**

##### **Em relação ao ponto 2:**

- gráfico de apreciação subjetiva ITU-R versus SNR, e análise de resultados
- código Matlab relativo à implementação do passo 1.c.iv.,
- ilustração dos espetros de sinal e ruído (numa única *frame* ilustrativa) para os casos de SNR=5 dB e SNR=20 dB,
- conclusões quanto ao impacto da quantização orientada para ruído branco ou ruído colorido,

##### **Em relação ao ponto 3:**

- gráfico de apreciação subjetiva ITU-R versus SNR, e análise de resultados
- código Matlab relativo à implementação do passo 1.c.iv.,
- ilustração dos espetros de sinal e ruído (numa única *frame* ilustrativa) para os casos de SNR=5 dB e SNR=20 dB,
- conclusões quanto ao impacto da quantização orientada para ruído branco ou ruído colorido,
- conclusões quanto a comparação de resultados obtidos com a DFT ou a MDCT.