

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**LICENCIATURA EM ENGENHARIA INFORMÁTICA E DE COMPUTADORES**  
**COMUNICAÇÃO DIGITAL**

**Verão 2022/2023 - Trabalho Prático (Módulo 1)**

**Data de publicação: 21 de março de 2023**

**Data de entrega: 9 de maio de 2023**

---

**Objetivos:**

- Desenvolvimento de programas e aplicações em linguagem ‘C’ e ‘Python’.
  - Estudo e aplicação de conceitos sobre SCD, teoria de informação, codificação de fonte e cifra.
- 

*O código desenvolvido e o respetivo relatório deverão ser entregues em formato eletrónico no sistema Moodle.  
A apresentação da resolução dos vários exercícios decorrerá em aula a definir em cada turma.*

1. Exercícios 4 e 5 do guia da primeira aula prática.

- (a) Entregue o código desenvolvido para a implementação de cada uma das funções e os respetivos programas de teste.
- (b) Usando os programas de teste, apresente resultados experimentais que comprovem o funcionamento das funções.

2. **(Python)** Neste exercício, pretende-se efetuar a análise de fontes de símbolos.

- (a) Para todos os ficheiros do conjunto TestFilesCD.zip, apresente o histograma, o valor da informação própria de cada símbolo e o valor da entropia do ficheiro.
- (b) Considere os ficheiros ListaPalavrasEN.txt e ListaPalavrasPT.txt, os quais contêm listagens de palavras em Língua Inglesa e Língua Portuguesa. Para cada Língua:
  - (i) Apresente uma estimativa da percentagem de ocorrência de cada símbolo (carater).
  - (ii) Apresente o valor da entropia de ambos os ficheiros.

3. **(C ou Python)** Neste exercício, pretende-se efetuar a implementação de fontes de símbolos.

- (a) Implemente uma fonte de símbolos genérica, a qual gera ficheiros com  $N$  símbolos, de acordo com a Função Massa de Probabilidade (FMP) do alfabeto de  $M$  símbolos:  $p(x) = \{p(x_1), p(x_2), \dots, p(x_M)\}$ .
- (b) Produza sequências com diferentes dimensões  $N$ , para valores de  $N$  à sua escolha. Compare o valor da entropia da fonte,  $H(X)$ , com o valor estimado para a entropia das sequências geradas. Comente os resultados obtidos, em função do par de valores  $M$  e  $N$ .
- (c) Recorra à implementação da fonte de símbolos, para realizar um gerador de palavras-passe robustas, com dimensão entre 8 e 12 caracteres. Apresente cinco exemplos de palavras-passe geradas.

4. **(C ou Python)** Considere a cifra de Vernam para ficheiros de texto. Esta cifra realiza o XOR bit a bit de todos os caracteres de duas sequências, plainText e theKey, resultando ainda uma sequência de caracteres, cipherText.

- (a) Implemente a função `cypherText = makeVernamCypher(plainText, theKey)`, sendo os parâmetros de entrada e o valor de retorno, sequências de caracteres com a dimensão do texto em claro (plainText). Demonstre o (bom) funcionamento fazendo a cifra e a decifra da sequência `abcbcd`, considerando a chave constante e igual a `3333333`.
- (b) Realize a cifra do ficheiro `alice29.txt` (texto em claro) com a chave constante e com chave correspondendo a uma sequência aleatória de caracteres. Para ambas as situações determine os histogramas e entropias do texto em claro e do texto cifrado. Compare os resultados e comente.

5. (C ou Python) Neste exercício, pretende-se implementar o modelo de canal binário simétrico e técnicas de *interleaving*.

- Escreva uma função tal que implemente o modelo *Binary Symmetric Channel* (BSC), apresentado na Figura 1. A função recebe: (1) uma sequência binária; (2) o valor pretendido  $p$  para o BER. A função deverá retornar a sequência binária resultante da passagem pelo canal. Compare o valor do BER passado como parâmetro ( $p$ ) com o valor real obtido. Compare os ficheiros recebidos (ponto B) e transmitido (ponto A).
- Considere a técnica de entrelaçamento (*interleaving*) de transmissão, exemplificada na Figura 2.
  - Implemente a técnica de entrelaçamento e comprove o seu funcionamento. Considere que a dimensão da matriz de *interleaving* é configurável.
  - Tire partido da função BSC implementada na alínea (a) e realize o sistema indicado na Figura 3. Altere as dimensões da matriz de *interleaving* e relacione com os valores de BER obtidos. Para cada caso compare as sequências nos pontos A e B. Comente os resultados obtidos e compare-os com os da alínea (a).

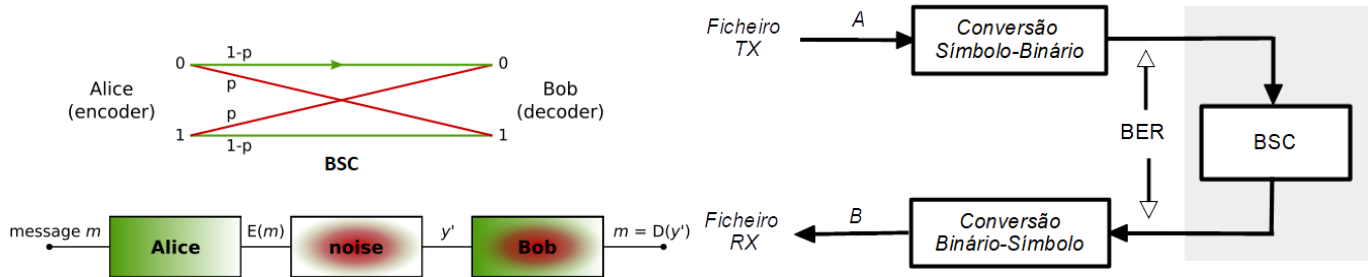


Figura 1 - Modelo de canal binário simétrico, tal como apresentado em [https://en.wikipedia.org/wiki/Binary\\_symmetric\\_channel](https://en.wikipedia.org/wiki/Binary_symmetric_channel) (esquerda) e sua aplicação sobre ficheiros (direita).

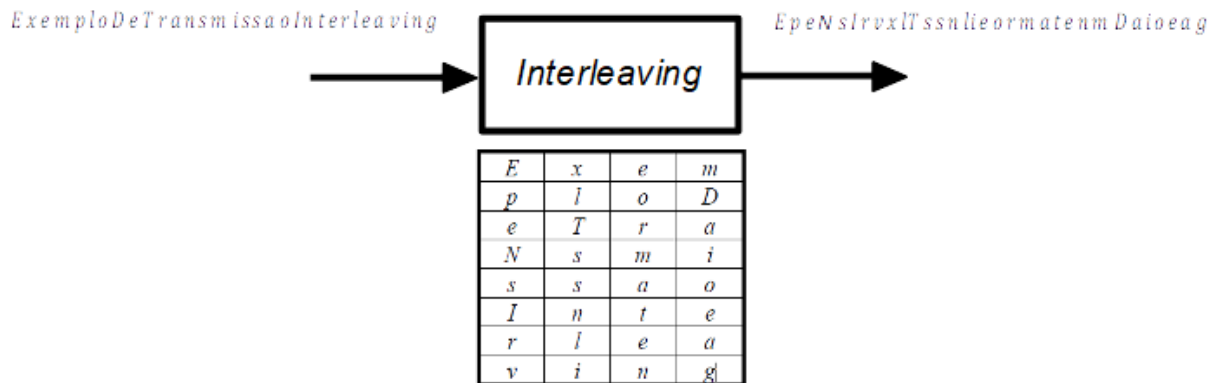


Figura 2 - Exemplo do conceito de entrelaçamento (*interleaving*), secção 12.6 das folhas de apoio “Sistemas de Comunicação Digital”, do prof. Carlos Meneses Ribeiro, disponíveis em <https://2223moodle.isel.pt/course/view.php?id=6484>

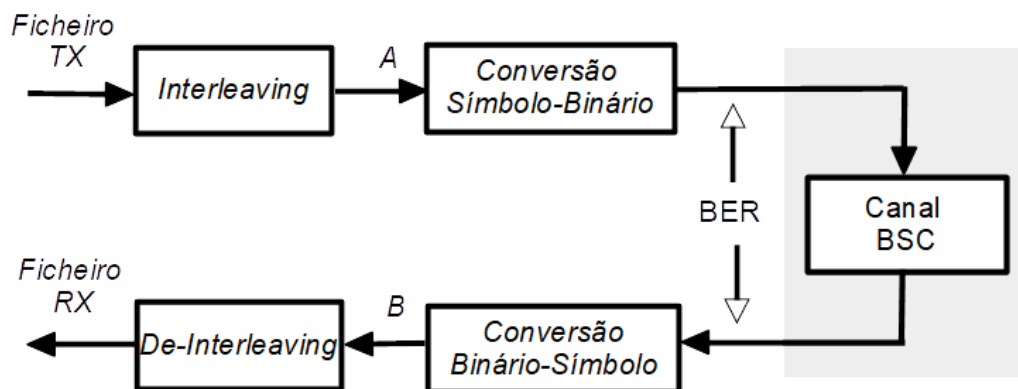


Figura 3 - Aplicação da técnica de entrelaçamento em conjunto com o modelo de canal binário simétrico.