

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**MESTRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA E DE COMPUTADORES**  
**PROCESSAMENTO DE IMAGEM E BIOMETRIA**

**Semestre de verão 2020/2021**

Época de Recurso

26 de julho de 2021, 10:00

Duração: 2:30

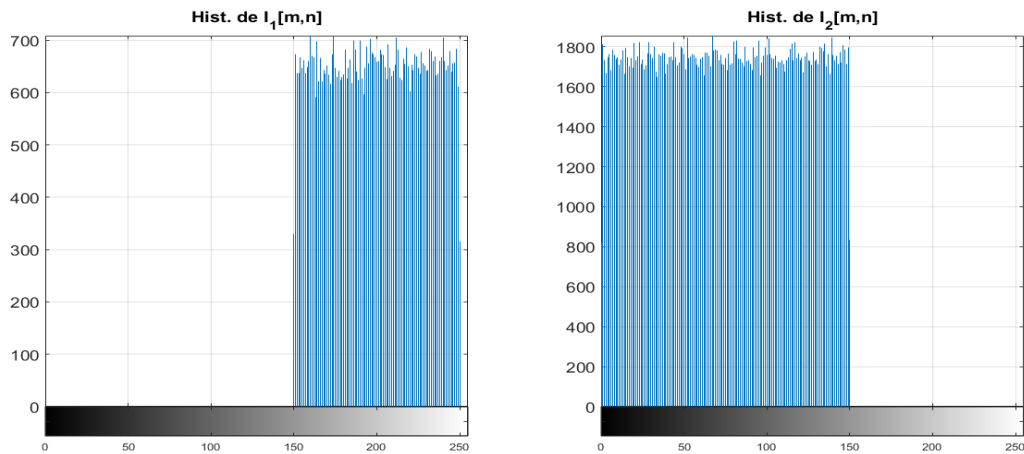
**Consulta: 2 folhas A4 (4 páginas).**

**Justifique todas as respostas. Apresente todos os cálculos que efetuar.**

1. Sejam as imagens  $I_1 = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 \\ 5 & 5 & 5 \\ 10 & 10 & 10 \\ 5 & 5 & 5 \\ 10 & 10 & 10 \end{bmatrix}$  e  $I_2 = 2I_1$ , com resolução em profundidade  $n = 6$  bit/pixel.

- (a) {1,0} Relativamente às imagens  $I_1$  e  $I_2$  indique os valores: da resolução espacial, da energia, da potência e da intensidade média.
- (b) {1,0} Apresente os histogramas de  $I_1$  e  $I_2$  e o valor da entropia destas imagens.
- (c) {1,0} Para a imagem  $I_2$ , apresente a respetiva versão negativa. Apresente a função de transformação de intensidade que obtém a versão negativa.

2. A figura apresenta os histogramas das imagens monocromáticas  $I_1$  e  $I_2$  de resolução espacial  $M_1 \times M_1$  e  $M_2 \times M_2$ , respetivamente. Os valores  $M_1$  e  $M_2$  são potências inteiras de 2. As imagens têm resolução em profundidade  $n = 8$  bit/pixel.



- (a) {1,0} Apresente uma estimativa dos valores de  $M_1$  e  $M_2$ .
- (b) {1,0} Apresente uma estimativa da intensidade média de  $I_1$  e  $I_2$ .
- (c) {1,0} Caracterize as imagens  $I_1$  e  $I_2$  relativamente ao brilho e ao contraste, indicando de forma justificada, se estes valores são baixos, médios ou altos.

3. Sejam as transformações de intensidade definidas por

$$T_1[x] = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 50 \\ 190, & 51 \leq x \leq 150 \\ x, & 151 \leq x \leq 255 \end{cases} \quad \text{e} \quad T_2[x] = \begin{cases} x/2, & 0 \leq x \leq 101 \\ x, & 102 \leq x \leq 255. \end{cases}$$

- (a) {1,0} Esboce as funções  $T_1$  e  $T_2$ . Descreva o conteúdo das tabelas de *lookup* que realizam  $T_1$  e  $T_2$ .
- (b) {1,0} Considere que se aplica  $T_2$  sobre as imagens  $I_1$  e  $I_2$ , definidas no exercício 2. Esboce os histogramas das imagens resultantes destas transformações.

4. As seguintes questões referem-se às técnicas de filtragem espacial.

- (a)  $\{1,0\}$  Considere as máscaras definidas como  $w_1 = \frac{1}{B} \begin{bmatrix} A & A & A \\ A & A & A \\ A & A & A \end{bmatrix}$  e  $w_2 = \frac{1}{D} \begin{bmatrix} E & E & E \\ E & C & E \\ E & E & E \end{bmatrix}$ . Indique um par de valores adequados para as constantes  $A$  e  $B$ , para que  $w_1$  represente uma máscara adequada de *smoothing*. Indique um trio de valores adequados para as constantes  $C$ ,  $D$  e  $E$ , para que  $w_2$  represente uma máscara adequada de *sharpening*.
- (b)  $\{1,0\}$  Considere a máscara  $w_1$  com  $A = 1$  e  $B = 1$ . Seja a imagem monocromática  $I$  com resolução  $512 \times 512$ , e profundidade de  $n = 8$  bit/pixel, tal que as primeiras 256 colunas têm conteúdo constante igual a 10 e as restantes 256 colunas têm conteúdo constante igual a 40. Descreva o conteúdo da imagem  $I_1$ , a qual resulta da filtragem espacial de  $I$  através de  $w_1$ .

5. No algoritmo de filtragem na frequência, após a ação de *zero padding* obtiveram-se as dimensões da imagem *padded*, designadas por  $P$  e  $Q$ . Tendo em conta que  $D[u, v] = \sqrt{(u - P/2)^2 + (v - Q/2)^2}$ , definem-se os filtros:

$$H_A[u, v] = \begin{cases} 0, & \text{se } D[u, v] \leq 80 \\ 1, & \text{se } 80 < D[u, v] \leq 160 \\ 0, & \text{se } D[u, v] > 160 \end{cases}, \quad H_B[u, v] = D[u, v] \quad \text{e} \quad H_C[u, v] = \exp\left(-\frac{D^2[u, v]}{D_o}\right).$$

- (a)  $\{1,0\}$  Indique o tipo de filtragem realizado por  $H_A[u, v]$ ,  $H_B[u, v]$ ,  $H_C[u, v]$  e  $H_D[u, v] = 1 - H_A[u, v]$ . Esboce cada filtro na forma de imagem.
- (b)  $\{1,0\}$  Com  $P = 1024$  e  $Q = 1024$ , indique a resolução espacial que a imagem de entrada deverá ter para ser corretamente filtrada por  $H_A[u, v]$ .
- (c)  $\{1,0\}$  Relativamente ao filtro definido por  $H_C[u, v]$  indique: a funcionalidade associada à constante  $D_o$ ; como deve ser determinado/ajustado o valor de  $D_o$  para um problema concreto de filtragem.

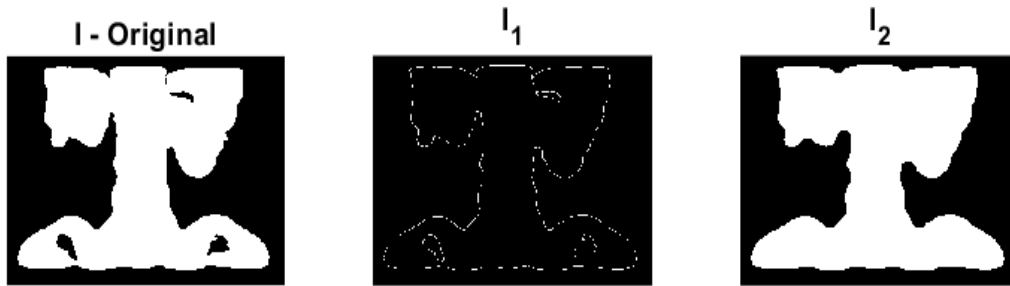
6. Considere o processamento de imagens coloridas.

- (a)  $\{1,0\}$  Sobre determinada imagem monocromática  $I_g$  com 256 níveis de cinzento (com ocorrências não nulas para os 256 níveis de cinzento) foi aplicada a técnica de coloração *intensity slicing* com 8 intervalos. Qual a relação de grandeza entre o número distinto de níveis de cinzento  $n_g$  e o número distinto de cores  $n_c$ ?
- (b)  $\{1,0\}$  No âmbito do desenvolvimento do software de processamento de imagens RGB ( $n = 8$  bit/pixel, em cada banda) para máquinas fotográficas comuns, pretende-se disponibilizar um módulo que detete a situação de contraste excessivamente baixo. Indique detalhadamente (através de um algoritmo ou de pseudo-código) como procederá para analisar a imagem e detetar esta situação.
- (c)  $\{1,0\}$  Considere a existência da imagem monocromática  $M$ , com 256 níveis de cinzento. A partir de  $M$ , geram-se imagens a cores, em RGB, definidas através de

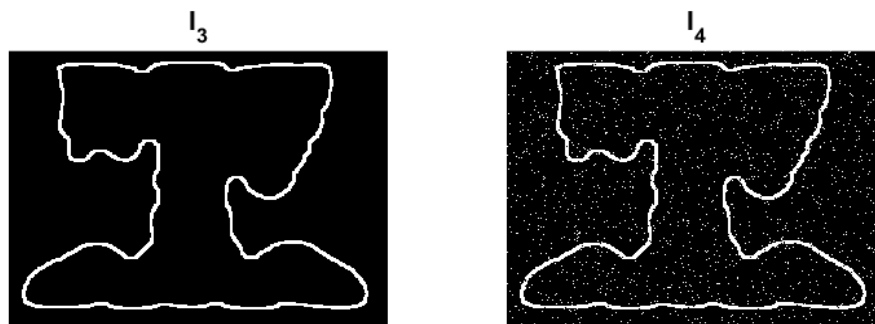
$$C_1 : \begin{cases} R_1 = M \\ G_1 = M \\ B_1 = M \end{cases}, \quad C_2 : \begin{cases} R_2 = 0 \\ G_2 = M \\ B_2 = 0 \end{cases} \quad \text{e} \quad C_3 : \begin{cases} R_3 = M \\ G_3 = M \\ B_3 = 0 \end{cases}.$$

Relacione o conteúdo visual das imagens RGB  $C_1$ ,  $C_2$  e  $C_3$  com o conteúdo de  $M$ .

7. A figura apresenta a imagem binária de entrada  $I$  e as imagens  $I_1$  e  $I_2$  resultantes de operações de processamento morfológico sobre  $I$ .



- (a)  $\{1,0\}$  Indique a operação morfológica e alguma informação sobre o respetivo elemento estruturante, tal que transforma: a imagem  $I$  na imagem  $I_1$ ; a imagem  $I$  na imagem  $I_2$ .
- (b)  $\{1,0\}$  A imagem  $I_3$  apresentada abaixo é obtida a partir da imagem  $I_2$ . Indique a operação morfológica e alguma informação sobre o respetivo elemento estruturante utilizado. A imagem  $I_4$  é uma versão ruidosa de  $I_3$ . Indique como procederia para remover o ruído presente em  $I_4$ .



8. Considere as seguintes questões sobre Sistemas Biométricos (SB).

- (a)  $\{1,0\}$  Compare as modalidades *íris* e *impressão digital*, relativamente às propriedades *unicidade*, *permanência* e *desempenho*. Em qual destas modalidades será mais provável a ocorrência de um erro do tipo *Failure to Enroll*?
- (b)  $\{1,0\}$  Na aplicação de SB, por vezes há necessidade de minimizar a ocorrência de *Falsos Positivos* (FP) ou a ocorrência de *Falsos Negativos* (FN). Indique um exemplo de aplicação em que faça sentido minimizar os FP e outro exemplo de aplicação em que faça sentido minimizar os FN. Quais as desvantagens de minimizar os indicadores FP e FN?