

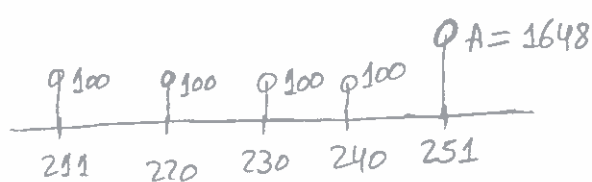
R1	1	a	b	c	1,25	1,25	1,25
	2	a	b		1,25	1,5	
	3	a	b	c	1,5	1,5	1,5
	4	a	b	c	1,5	1,5	1,5
	5	a	b	c	1,5	1,5	1,5
R2	6	a	b	c	1,25	1,25	1,25
	7	a	b		1,25	1,5	
	8	a	b	c	1,5	1,5	1,5
	9	a	b	c	1,5	1,5	1,5
	10	a	b	c	1,5	1,5	1,5
R6	1	a	b	c	1,0	1,0	1,0
	4	a	b	c	1,0	1,0	1,0
	5	a	b	c	1,0	1,0	1,0
	7	a	b		1,0	1,0	
	8	a	b	c	1,0	1,0	1,0
	9	a	b	c	1,0	1,0	1,0
	10	a	b	c	1,0	1,0	1,0

① a) I tem 2048 pixels  
 $n \times 2n = 2048 \Rightarrow n^2 \times 2 = 2048 \Rightarrow n^2 = 1024 \Rightarrow n^2 = 2^{10}$   
 $\Rightarrow n = 2^5 = 32 //$

$$100 + 100 + 100 + 100 + A = 2048 \Rightarrow A = 2048 - 400 \Rightarrow A = 1648$$

- Elevado brilho porque a maioria das coordenadas está à direita do histograma.
- Baixo contraste porque os valores de intensidade estão entre 211 e 251. //

b) Entropia



$$Z(\dots) = 2048$$

$$f_{mp} = \left\{ \frac{100}{2048}, \frac{100}{2048}, \frac{100}{2048}, \frac{100}{2048}, \frac{1648}{2048} \right\}$$

$$H_I = -4 \times \frac{100}{2048} \times \log_2 \left( \frac{100}{2048} \right) - \frac{1648}{2048} \log_2 \left( \frac{1648}{2048} \right) = 1,1031 \text{ bit/pixel}$$

Potência

$$P_I = \frac{1}{2048} (211^2 \times 100 + 220^2 \times 100 + 230^2 \times 100 + 240^2 \times 100 + 251^2 \times 1648)$$

$$= 6,062 \times 10^4 \text{ W}$$

Intensidade média

$$m_I = \frac{1}{2048} \times (211 \times 100 + 220 \times 100 + 230 \times 100 + 240 \times 100 + 251 \times 1648)$$

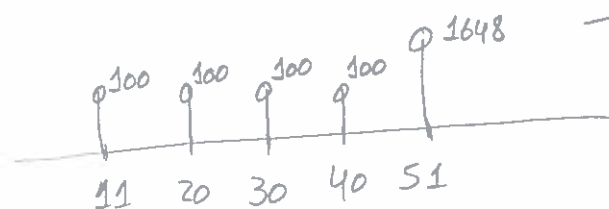
$$= 245,97 \quad (\text{brilho elevado})$$

$$\# \text{ bits} = 2048 \times 8$$

$$= 16384 //$$

c) Histograma de  $I_2 = I \text{ AND } 1 \rightarrow$ 

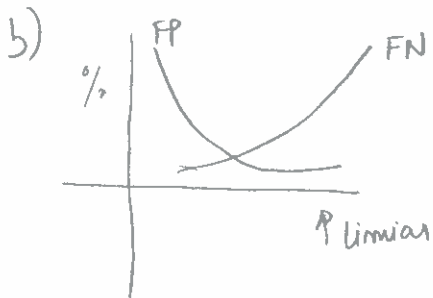
211	AND 1 = 1
220	AND 1 = 0
230	AND 1 = 0
240	AND 1 = 0
251	AND 1 = 1

Histograma de  $I_3 = I - 200$ 

→ As mesmas ocorrências de  $I$ , logo tem a mesma entropia de  $I$ .

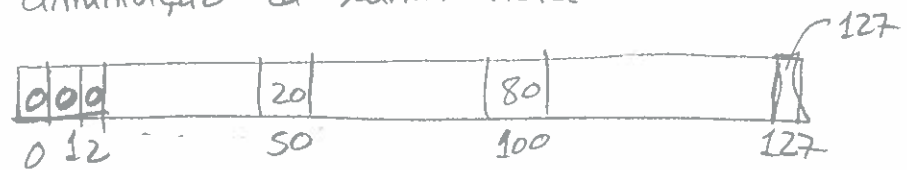
② a) (i) fase de registo → aquisição do registo biométrico e 3/8 armazenamento do mesmo na base de dados (BD)

(ii) fase de autenticação → comparação do indicador biométrico de um indivíduo presente na BD com o indicador adquirido, para verificar se é a mesma pessoa  
comparação 1:1



→ Ajustando o limiar de classificação no SB, consegue-se modificar as taxas de FP e FN

③ a)  $T_1$  → funcionalidade = diminuição da luminosidade

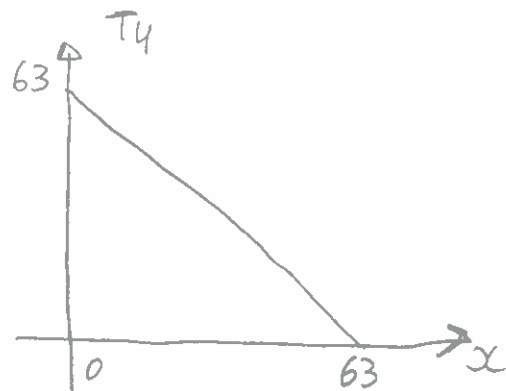
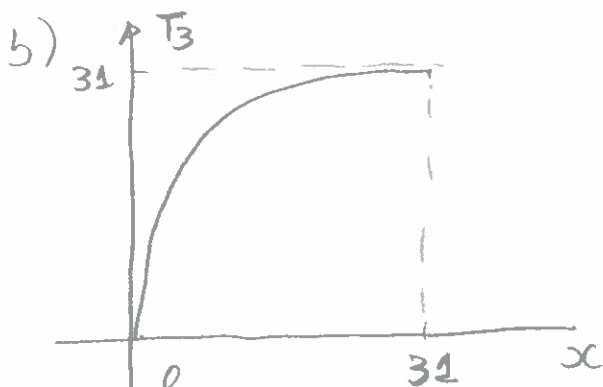


$m = 7 \text{ bit/pixel}$

$T_2$  → binarização = obtenção de versão binária da imagem (thresholding)



Aplicação PDI com  $T_1 \rightarrow T_2$ : diminuição (começo) da luminosidade seguida de binarização da imagem



c)  $I = \begin{bmatrix} 50 & 60 & 5 \\ 0 & 0 & 110 \\ 100 & 5 & 5 \end{bmatrix} \xrightarrow{(T_1)} I_1 = \begin{bmatrix} 20 & 25 & 0 \\ 0 & 0 & 85 \\ 80 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

$\xrightarrow{(T_2)} I_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 255 \\ 255 & 0 & 0 \end{bmatrix}$


④  $w_1 = \frac{1}{A} \begin{bmatrix} 3^x & 2 \\ 2 & B \end{bmatrix}$        $w_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$

a)  $w_1$  Smoothung  $\Rightarrow \sum w_{1,ij} = 1 \Rightarrow \frac{1}{A} (3 + 2 + 2 + B) = 1$

$\Rightarrow \frac{1}{A} \times 10 = 1 \Rightarrow A = 10, B = 3 //$

$w_2$  é o Laplaciano (2ª derivada); é uma das máscaras que implementa este operador

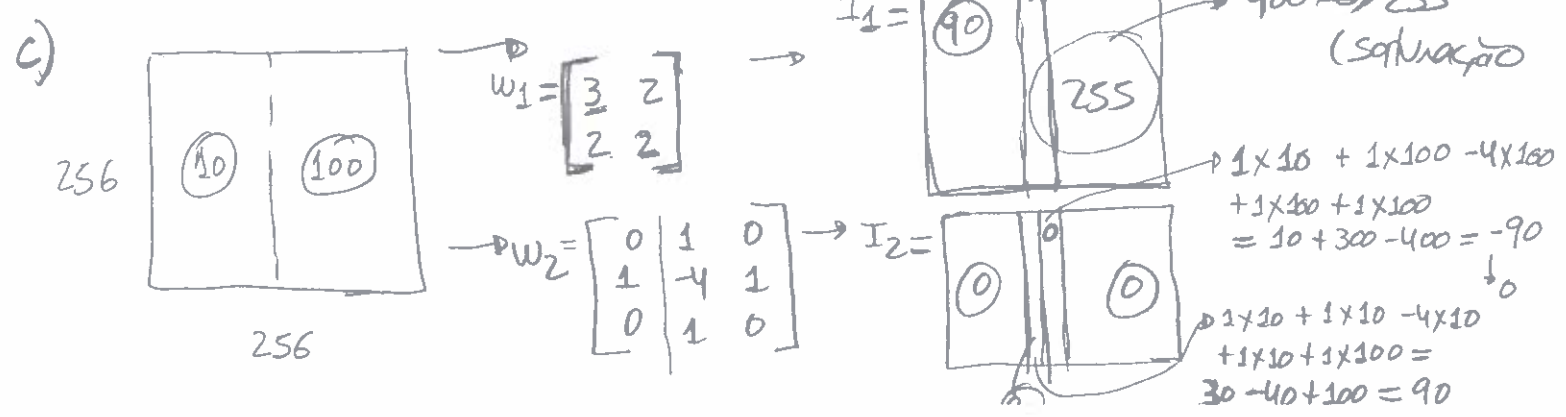
b)  $w_1 = \frac{1}{1} \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 2 & 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & 2 \\ 2 & 3 \end{bmatrix} \quad (2 \times 2)$

1024 

Sem nenhuma otimização:

$\Rightarrow \# \text{ multiplicações } = 1024 \times 512 \times 4 = 2\,097\,152$

$\Rightarrow \# \text{ somas } = 1024 \times 512 \times 3 = 1\,572\,864$



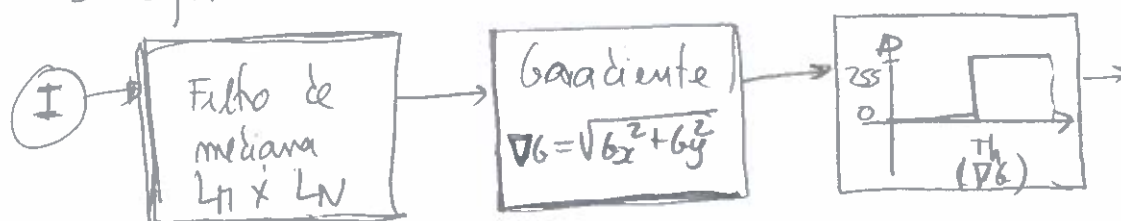
⑤ a) Equalização de histograma tem como objetivo aumentar o contraste da imagem de entrada.

Ao uniformizar o histograma, procura-se ter mais contraste.

É aplicada com sucesso em quase todas as situações de imagens com baixo contraste, exceto nos casos de histogramas bimodais



- b)
1. Remoção do ruído salt & pepper, com filtro de mediana
  2. cálculo do módulo do gradiente, usando um operador de gradiente adequado
  3. Efetuar binarização ao resultado do gradiente



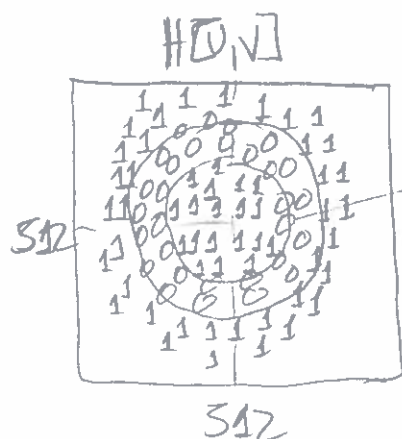
c) Laplacian of Gaussian (LoG)



- Deve ser usado em situações em que a imagem de entrada é ruidosa
- o filtro passa-baixo gaussiano remove o ruído
- o operador Laplaciano efetua o cálculo da derivada sobre uma imagem sem (ou com pouco) ruído

⑥ a) Tipo de filtragem - rejeita-banda

Resolução espacial de  $f[m,n]$  é  $256 \times 256$   $\left( \begin{matrix} P=512 \\ Q=512 \end{matrix} \right)$   
 $\left( M=\frac{P}{2}, N=\frac{Q}{2} \right)$



$LB \approx DO \approx 25$ , pela análise do gráfico

b)  $H_A[U,V] \rightarrow$  Filtro passa-baixo  $H_B[U,V] \rightarrow$  Filtro passa-banda

Ambas  $G_A[U,V]$  e  $G_B[U,V]$  terão menor energia do que a imagem de entrada respectiva. Os filtros têm ganho unitário e ganho nulo em diferentes bandas, pelo que nunca aumentará a energia da imagem, após filtragem.

c) Homomomorphic filtering  $\rightarrow$  Tem como objetivo realçar/enfatizar as componentes de refletância (de alta frequência) da imagem de entrada. Usa um filtro passa-alto semelhante ao filtro gaussiano.

⑦ a)  $|F[U,V]| = \begin{bmatrix} 16 & 2 & 2 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$

$$z = -0,5 + j\frac{\sqrt{3}}{2} \rightarrow |z| = \sqrt{(-0,5)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} = \sqrt{0,25 + \frac{3}{4}} = \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{3}{4}} = \sqrt{1} = 1 //$$

b)  $m_f = 1,7778 \rightarrow m_f = \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \frac{1}{\sqrt{N}} \cdot 6[90] = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot A = \frac{A}{3} = 1,7778$   
 $(\Rightarrow) A = 5,3334$

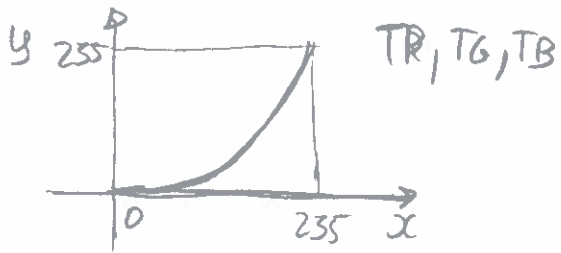
$E_f = 30 \rightarrow 30 = (5,3334)^2 + (-0,8163)^2 + \dots + B^2$

$(\Rightarrow) 30 = 29,9719 + B^2 (\Rightarrow) B^2 = 0,0281 (\Rightarrow) B = \sqrt{0,0281}$

$(\Rightarrow) B \approx 0,1678$

⑧ a) 1. Aplicar filtro de mediana no canal G, para remoção do ruído salt & pepper. Efetuar a escolha adequada das dimensões da máscara.

2. Aplicar uma transformação de intensidade de diminuição de luminosidade nos três canais R, G e B



b)  $[R \ G \ B] \Rightarrow [7\text{bit} \ 7\text{bit} \ 7\text{bit}] \Rightarrow 21 \text{ bit}$

Número de cores distintas =  $2^7 \times 2^7 \times 2^7 = 2^{21} = 2\ 097\ 152$

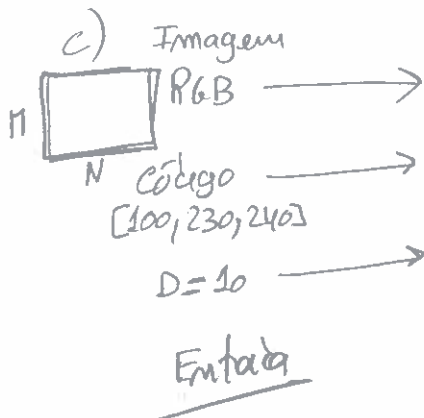
Número de níveis de cinza =  $2^7 = 128$

Branco  $\rightarrow [127 \ 127 \ 127]$

Preto  $\rightarrow [0 \ 0 \ 0]$

Verde puro  $\rightarrow [0 \ 127 \ 0]$

Amarelo  $\rightarrow [127 \ 127 \ 0]$



1. Percorrer todos os pixels da imagem de entrada. Inicial  $I_{\text{out}} = 0$ .

2. Por cada pixel, obter o código  $c$  e  $C = [C_R, C_G, C_B]$ .

3. Determinar a distância Euclidiana entre o código  $c$  e  $[100, 230, 240]$

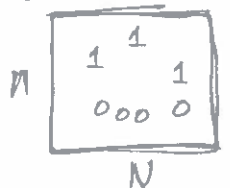
$$d = \sqrt{(C_R - 100)^2 + (C_G - 230)^2 + (C_B - 240)^2}$$

Se  $d < 10$

$$I_{\text{out}}(m, n) = 1$$

Saída

Imagem binária



9 a) O elemento estruturante define a forma e a dimensão das estruturas / formas a processar sobre a imagem de entrada. 8/8

As dimensões devem ser escalhadas em função das dimensões dos objetos a processar (remover / inserir formas)

b)  $I \rightarrow I_1$  Operação de sumtany extaction  
Elemento estruturante circular.

$I \rightarrow I_2$  operação de closing (fecho)  
Elemento estruturante circular.

- c) 1. Efetuar erosão dos círculos com elemento estruturante circular de dimensão mais pequena do que os próprios círculos
2. Efetuar dilatação da imagem resultante do passo anterior com elemento estruturante quadrado de dimensões próximas do elemento estruturante circular.

10 a) Rapidez, taxa de acerto e facilidade de aquisição da imagem. Proliferação de smartphones, com câmaras, com boa qualidade de imagem adquirida.

b) Não. A iris de gémeos idênticos é substancialmente diferente.

c) Ponto de referência  $\rightarrow$  localização  $(x, y)$  da imagem em torno da qual se verifica a maior curvatura (derivada) das riscas/costas da impressão digital. É detetado através de derivada e de gradiente, na imagem monocromática.



Minúcias  $\rightarrow$  São pontos especiais e particulares da impressão digital, tais como terminações e bifurcações das riscas. São detetados sobre a imagem binária.

