

# JPEG Compressor and Decompressor

## Report

### Done by:

- Marco Pais - Nº 2019218
- Tiago Oliveira - Nº 2019219068
- Emílio Hurtado - Nº 2021169693

Exercise 1 - Compressão de imagens bmp no formato jpeg utilizando um editor de imagem (e.g., GIMP, Adobe Photoshop, etc.)

- 1.1. Comprima as imagens fornecidas segundo o codec JPEG, com qualidade alta.
- 1.2. Comprima as imagens fornecidas segundo o codec JPEG, com qualidade média.
- 1.3. Comprima as imagens fornecidas segundo o codec JPEG, com qualidade baixa.
- **1.4. Compare os resultados e tire conclusões.**

From the obtained files we can say that the bigger the quality is the less the distortion is and the bigger the size of the file is.

Exercise 2 - Crie duas funções, encoder e decoder, para encapsular as funções a desenvolver nas alíneas 3 a 9

Exercise 3 - Visualização de imagem representada pelo modelo de cor RGB

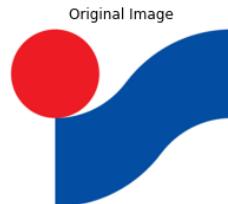
**barn\_mountains**



**peppers**



**logo**

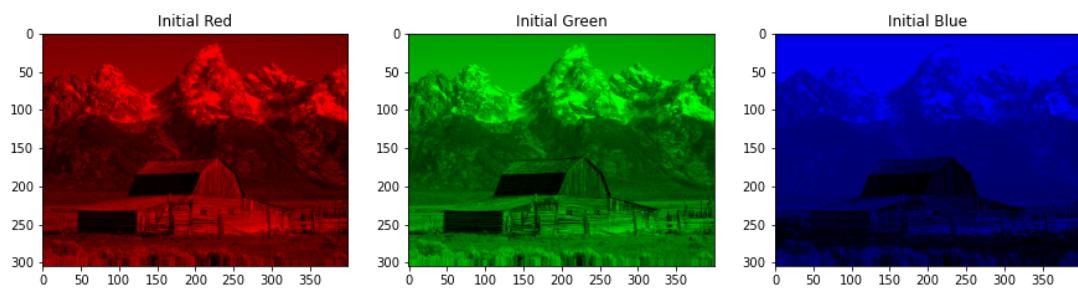


- 3.1. Leia uma imagem .bmp, e.g., a imagem peppers.bmp.
- 3.2. Crie uma função para implementar um colormap definido pelo utilizador.
- 3.3. Crie uma função que permita visualizar a imagem com um dado colormap.
- 3.4. Crie uma função para separar a imagem nos seus componentes RGB. Crie também a função inversa.
- **3.5. Visualize a imagem e cada um dos canais RGB (com o colormap adequado).**

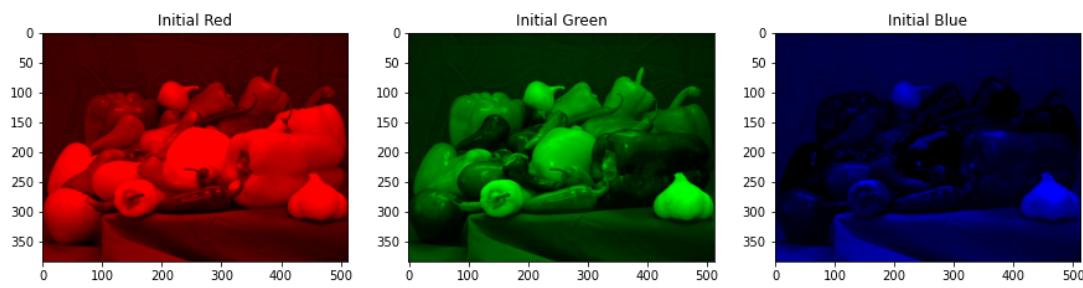
**barn\_mountains**

**barn\_mountains**

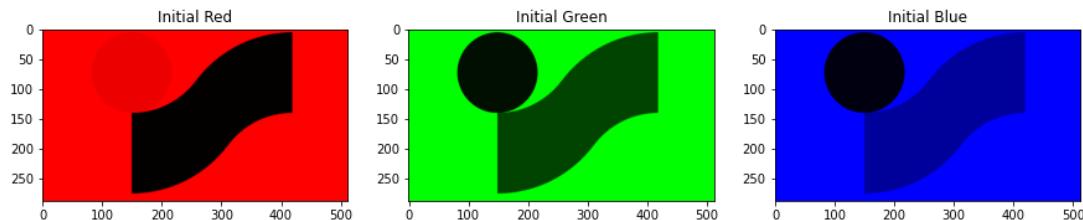
---

**peppers**

---

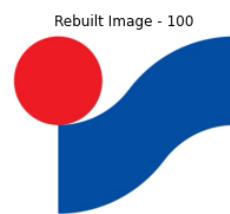
**logo**

---

**Exercise 4 - Pré-processamento da imagem: padding**

- 4.1. Crie uma função para fazer padding da imagem. Caso a dimensão da imagem não seja múltipla de 16x16, faça padding da mesma, replicando a última linha e a última coluna em conformidade. Crie também a função inversa. Certifique-se de que recupera a imagem com a dimensão original, visualizando-a.

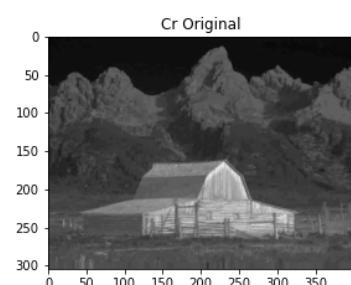
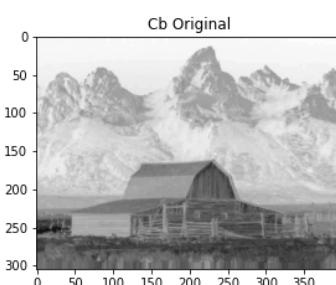
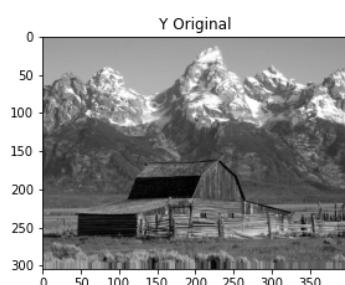
**barn\_mountains****peppers****logo**

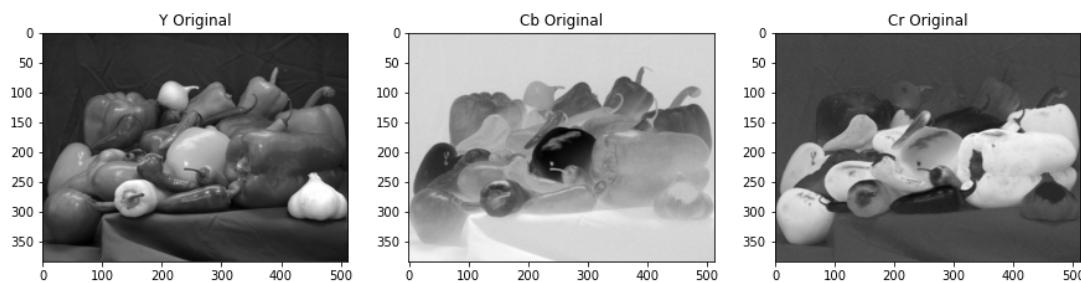
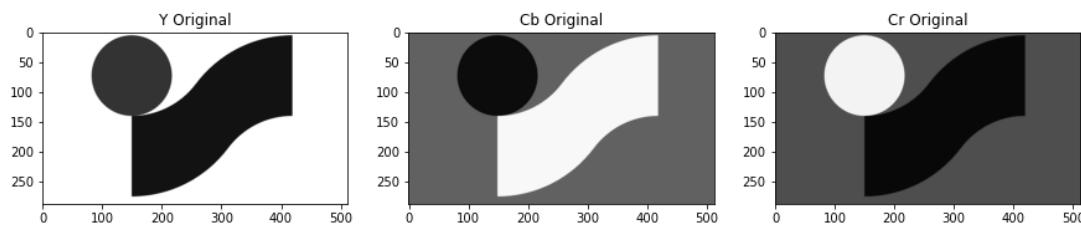
**barn\_mountains****peppers****logo**

### Exercise 5 - Conversão para o modelo cor YCbCr

- 5.1. Crie uma função para converter a imagem do modelo de cor RGB para o modelo de cor YCbCr. Crie também a função inversa (conversão de YCbCr para RGB). Certifique-se de que consegue obter os valores originais de RGB (teste, por exemplo, com o pixel [0, 0]). Nota: na conversão inversa, garanta que R, G e B sejam número inteiros no intervalo {0, 1, ..., 255}.
- 5.2. Converta a imagem inicial para o modelo de cor YCbCr.
- 5.3. Visualize cada um dos canais (com o colormap adequado).
- **5.4. Compare a imagem de Y com R, G e B e com Cb e Cr. Tire conclusões.**

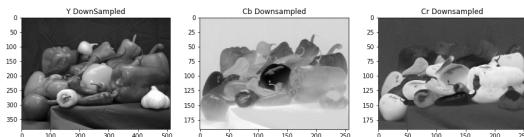
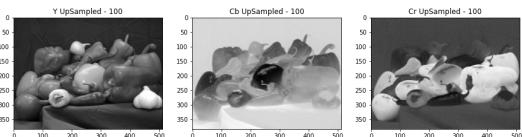
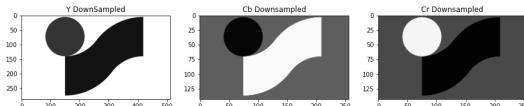
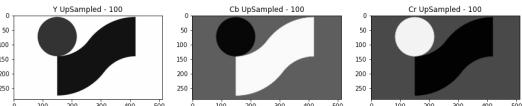
Because there is a lot of redundancy in the RGB model about Luminance all the information about it is stored in the Y channel. In the Cb and Cr channels the information about the chrominance is stored. From the obtained images we can conclude that there is a bigger definition in the Y channel than the Cb and Cr channels because the last two don't possess all the information about the color of the image.

**barn\_mountains****peppers**

**peppers****logo****Exercise 6 - Sub-amostragem**

- 6.1. Crie uma função para sub-amostrar os canais Y, Cb, e Cr, segundo as possibilidades definidas pelo codec JPEG, a qual deve devolver  $Y_d$ ,  $Cb_d$  e  $Cr_d$ . Crie também a função para efectuar a operação inversa, i.e., upsampling. Certifique-se de que consegue reconstruir com exactidão Y, Cb e Cr.
- **6.2. Visualize os canais  $Y_d$ ,  $Cb_d$  e  $Cr_d$  com downsampling 4:2:0. Apresente as dimensões das matrizes correspondentes.**

**barn\_mountains****Downsample****Upsample****peppers****Downsample****Upsample**

**Downsample****Upsample****logo****Downsample****Upsample**

- 6.3. Apresente e analise a taxa de compressão alcançada para as variantes de downsampling 4:2:2 e 4:2:0 (taxa de compressão, destrutividade, etc.)**

The overall compression rate for the 4:2:2 variant is 33.3% since the compression rate on the Y channel is 0% and on the Cb and Cr channels it is 50%. The overall compression rate for the 4:2:0 variant is 50% since the compression rate on the Y channel is 0% and on the Cb and Cr channels it is 75%.

**Exercise 7 - Transformada de Coseno Discreta (DCT)**

- 7.1. DCT nos canais completos

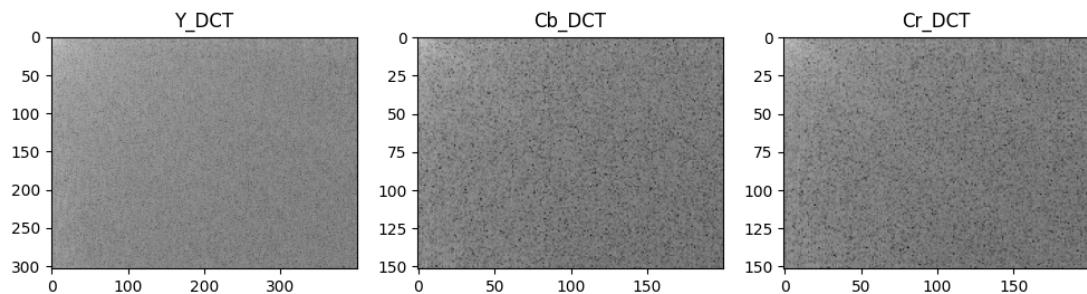
- 7.1.1.Crie uma função para calcular a DCT de um canal completo. Utilize a função `scipy.fftpack.dct`. Crie também a função inversa (usando `scipy.fftpack.idct`). Certifique-se de que consegue obter os valores originais de `Y_d`, `Cb_d` e `Cr_d`. Nota: para uma matriz, `X`, com duas dimensões, deverá fazer: `X_dct = dct(dct(X, norm="ortho").T, norm="ortho").T`.
- 7.1.2.Aplique a função desenvolvida a `Y_d`, `Cb_d`, `Cr_d` e visualize as imagens obtidas (`Y_dct`, `Cb_dct`, `Cr_dct`). Sugestão: atendendo à gama ampla de valores da DCT, visualize as imagens usando uma transformação logarítmica, e.g., de acordo com o seguinte pseudocódigo: `imshow(log(abs(X) + 0.0001))`
- 7.1.3. Discuta os resultados obtidos em termos de potencial de compressão.**

The compression potential is lower when there is a big discrepancy of values and bigger when the contrary happens. So the compression potential is bigger if it is applied in blocks and not on the whole image.

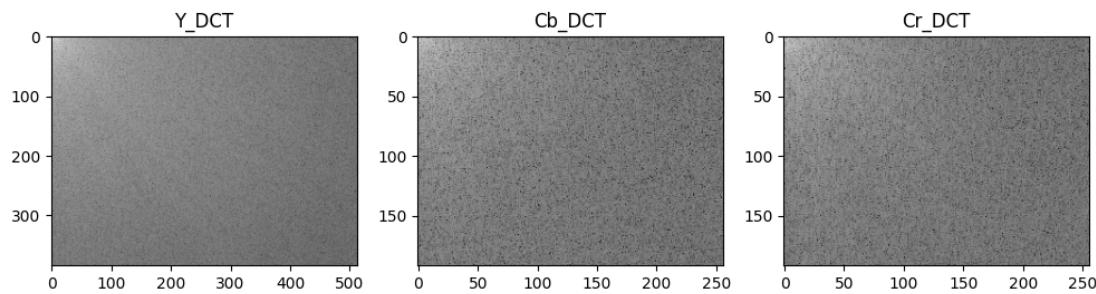
**barn\_mountains**

**barn\_mountains**

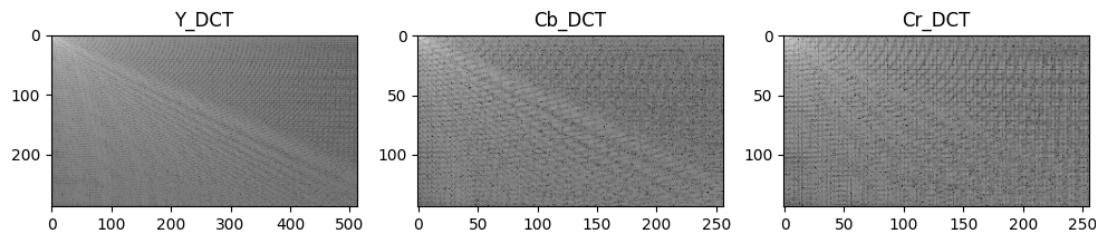
---

**peppers**

---

**logo**

---



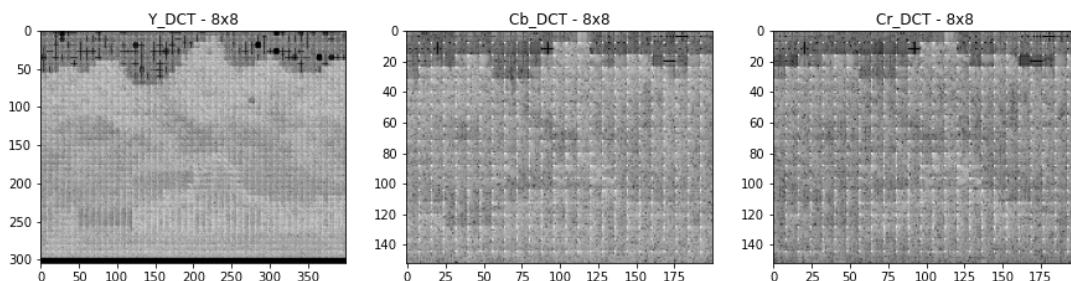
- 7.2. DCT em blocos 8x8

- 7.2.1. Usando as mesmas funções para cálculo da DCT, crie uma função que calcule a DCT de um canal completo em blocos BSxBS. Crie também a função inversa (IDCT BSxBS). Certifique-se de que consegue obter os valores originais de Y\_d, Cb\_d e Cr\_d.
- 7.2.2. Aplique a função desenvolvida (DCT) a Y\_d, Cb\_d, Cr\_d com blocos 8x8 e visualize as imagens obtidas (Y\_DCT8, Cb\_DCT8, Cr\_DCT8).
- 7.2.3. Compare os resultados obtidos com os resultados de 7.1.2 e discuta-os em termos de potencial de compressão.**

We can see the blocks in the image now and the compression potential is bigger because it is less likely to have discrepant values.

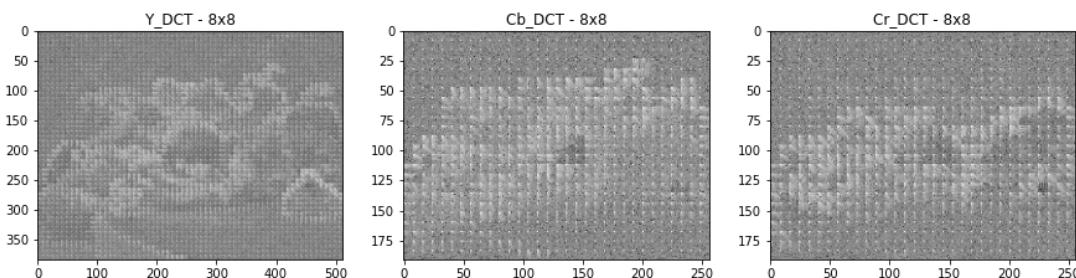
barn\_mountains

---



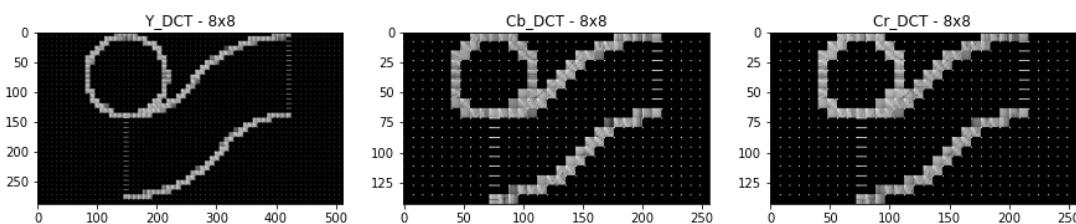
peppers

---



logo

---

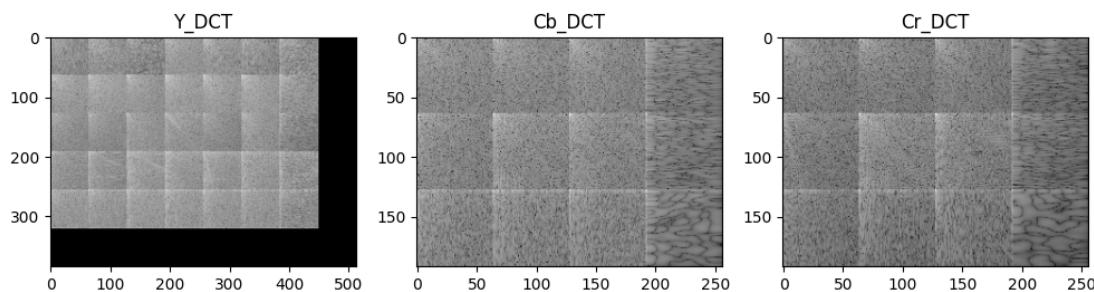


- 7.3. DCT em blocos 64x64.
  - 7.3.1. Repita 7.2
  - **7.3.2. Compare com os resultados anteriores e tire conclusões.**

The images obtained have a bigger compression potential than the ones obtained for 7.1 but lower compression potential than the ones obtained for 7.2 because, as the blocks get bigger, the more likely it is for the block to have discrepant values.

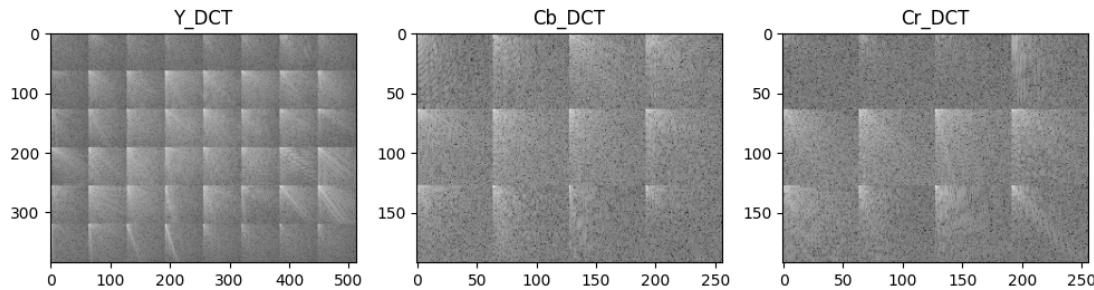
**barn\_mountains**

---



**peppers**

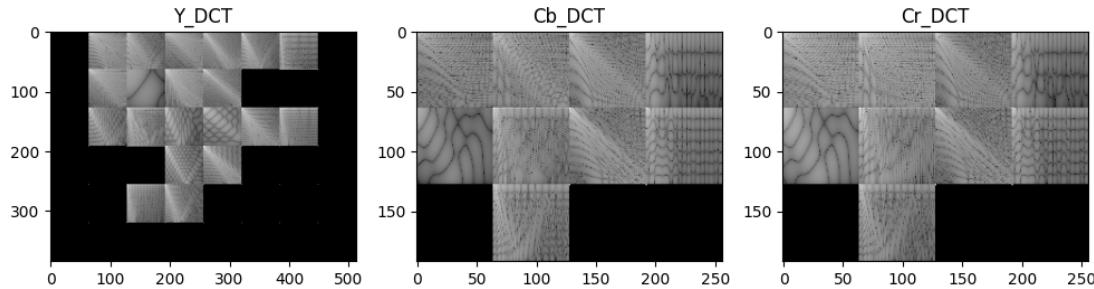
---



**logo**

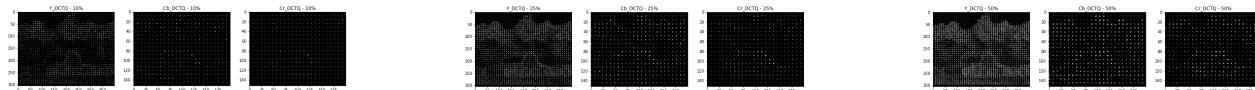
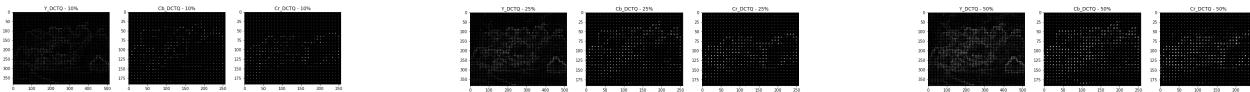
---

logo



## Exercise 8 - Quantização

- 8.1. Crie uma função para quantizar os coeficientes da DCT para cada bloco 8x8. Crie também a função inversa.
- 8.2. Quantize os coeficientes da DCT, usando os seguintes factores de qualidade: 10, 25, 50, 75 e 100. Visualize as imagens obtidas.

**barn\_mountains****peppers**

logo



- 8.3. Compare os resultados obtidos com os vários factores de qualidade e discuta-os em termos de potencial de compressão.**

Variable levels of image compression and quality can be achieved at the quantization step by selecting certain quantization matrices, which is a very valuable aspect of this compression process. This allows the user to choose from a range of quality levels ranging from 1 to 100, with 1 being the worst image quality and maximum compression and 100 representing the best image quality and lowest compression. As a result, the quality/compression ratio can be customized to meet specific requirements.

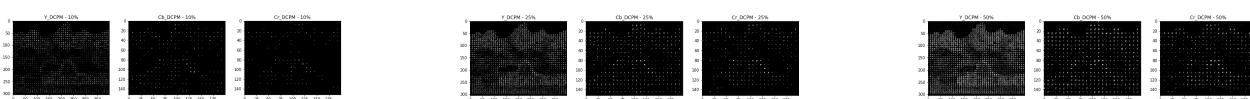
- 8.4. Compare os resultados obtidos com os resultados da alínea 7 e tire conclusões.**

We can see that the image is darker and has less spikes on the high frequencies. This gives the image a bigger compression potential.

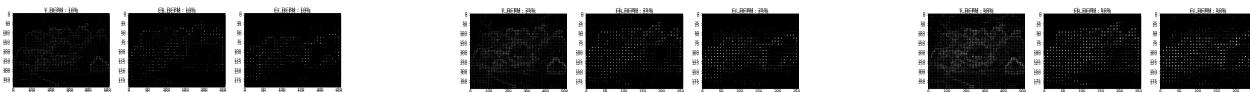
### Exercise 9 - Codificação DPCM dos coeficientes DC

- 9.1. Crie uma função para realizar a codificação dos coeficientes DC de cada bloco. Em cada bloco, substitua o valor DC pelo valor da diferença. Crie também a função inversa.
- 9.2. Aplique a sua função aos valores da DCT quantizada.
- 9.3. Analise os resultados e tire conclusões.**

barn\_mountains



peppers



logo

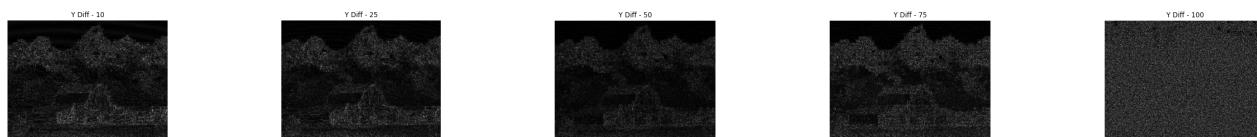


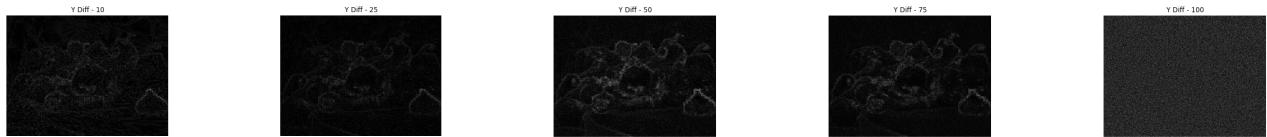
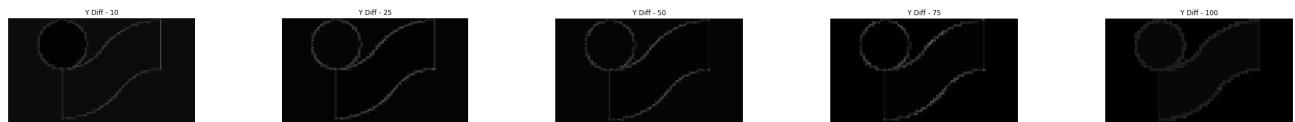
## Exercise 10 - Codificação e descodificação end-to-end

**Nota:** As funções criadas na alínea 2 deverão conter, neste momento, todo o código de codificação e descodificação desenvolvido nas alíneas 3 a 9. Note que, após a quantização da DCT, não se pretende, neste trabalho, aplicar os passos de compressão não destrutiva dos coeficientes AC (RLE, Huffman / códigos aritméticos).

- 10.1. Codifique as imagens fornecidas com os seguintes parâmetros de qualidade: 10, 25, 50, 75 e 100
- **10.2. Visualize as imagens descodificadas. Visualize também a imagem das diferenças entre o canal Y de cada uma das imagens originais e da imagem descodificada respectiva para cada um dos factores de qualidade testados. Calcule as várias métricas de distorção (MSE, RMSE, SNR e PSNR) para cada uma das imagens e factores de qualidade. Tire conclusões.**

We can conclude that with the reduction of the quality the images get a lot of distortion. With a lower quality factor we get a reconstructed image that is, by far, different from the original. When we compare the reconstructed images with the images that were generated in the first exercise we see that the image with a lower quality is not similar to the image generated with a quality factor of 75%. We can also see that the quality generated with a quality factor of 100% is very similar to the image of the first exercise that has a median quality. In conclusion, our codec isn't the best, when compared to the JPEG codec.

**barn\_mountains**

**peppers****logo****barn\_mountains**

/	10	25	50	75	100
MSE	745.103021885521	430.200572390572	293.2126178451178	187.5073316498316	55.5368855218855
RMSE	27.2965752775970	20.7412770192814	17.12345227590271	13.69333164901192	7.452307395826176
SNR	18.46411256065429	20.84956596928497	22.51444925412961	24.45609327245847	29.74046059717426
PSNR	19.40864036115411	21.794093769784	23.4589770546294	25.40062107295829	30.6849883976740

**peppers**

/	10	25	50	75	100
MSE	366.5626068115234	188.4049733479817	133.515401204427	104.5550842285156	62.2776438395182
RMSE	19.14582478796678	13.72606911493533	11.55488646436766	10.22521805285909	7.89161858173076
SNR	19.28447056870463	22.1750285448371	23.67063852095167	24.73250060990748	26.9826304374245
PSNR	22.48932200524567	25.3798799813781	26.87548995749270	27.93735204644851	30.18748187396557

**logo**

/	10	25	50	75	100
MSE	207.816348754448	100.9359288256227	80.9996725978647	60.7447829181494	43.066412811387
RMSE	14.4158367344545	10.04668745535675	8.99998181097410	7.79389395091756	6.5625004999152
SNR	28.1553215317937	31.29166079550465	32.2472859990572	33.4970287898699	34.9907316436679
PSNR	24.95400650685476	28.09034577056568	29.0459709741182	30.29571376493096	31.7894166187289

- 10.3. Volte a analisar o ponto 1, de forma a validar/complementar as conclusões tiradas nesse ponto.