Centro Universitário da FEI

NEC130/EL0130 - SISTEMA DE VIDEO E AUDIO DIGITAL

PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM

Prof. Cleiton Fidelix Pereira

Gustavo Sanomia Ryuji 12.115.481-9

Jéssica Trajano Matheus Benedito 12.218.167-0

São Bernardo do Campo

2021

1. Objetivo

O objetivo desse projeto é programar no Octave um algoritmo simplificado da compactação MPEG, o projeto consiste em 3 etapas:

1. Subamostragem de crominância (4:2:0), DCT (Transformada Discreta de Cosseno), quantização e serialização zigzag.
2. Tornar o resultado da etapa 1 em binário.
3. Converter e resultado da etapa 2 em decimal, e realizar as técnicas inversas da etapa 1.

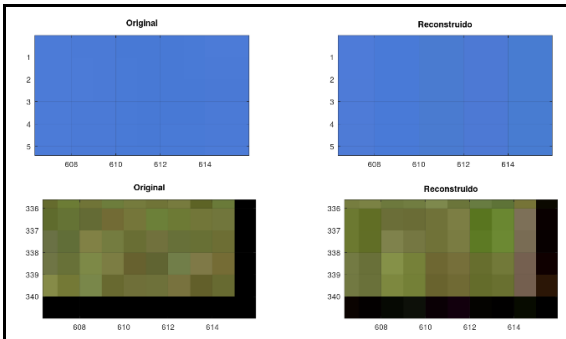
2. Código

2.1 Código: Etapa 1

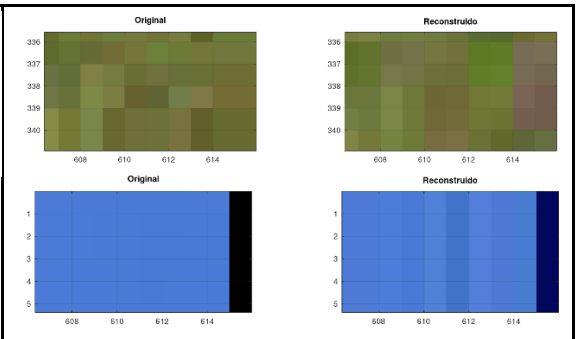
O programa inicia fechando todas as janelas e limpando todas as variáveis da workspace e limpa o console. Também importa a pacote *signal* do Octave, para utilizarmos a função *dct2*, que é a função DCT para matrizes de 2 dimensões. A variável *str_time* armazena o tempo de execução do Octave no começo de programa.

```
clear all
close all
clc

pkg load signal

str_time = cputime; % Tempo de execução inicial
```

O programa abre a imagem e redimensiona para um tamanho divisor de 8. Para isso foi decidido preencher os pixeis com uma cópia dos últimos pixels, pois assim manteria a qualidade da imagem nas bordas.



Copiando a última linha de pixeis



Preenchendo com pixeis pretos

```
X_r = imread('image.png'); % Carrega a imagem em X_r

% Dados da imagem
l_lin = size(X_r, 1);
l_col = size(X_r, 2);

x_l = mod(l_lin, 8);
x_c = mod(l_col, 8);

% Redimensiona a imagem, adiciona pixeis
X = [X_r; repmat(X_r(end, :, :), 8 - x_l, 1)];
l_lin = size(X, 1);
X = [X repmat(X(:, end, :), 1, 8 - x_c)];
l_col = size(X, 2);
```

Para a conversão RGB para YCrCb, foram utilizadas as seguintes equações:

$$Y = 0{,}299 \cdot R + 0{,}587 \cdot G + 0{,}114 \cdot B$$

$$C_b = 128 - 0{,}168736 \cdot R - 0{,}331264 \cdot G + 0{,}5 \cdot B$$

$$C_b = 128 + 0{,}5 \cdot R - 0{,}418688 \cdot G + 0{,}081312 \cdot B$$

Essa são as mesmas equações utilizadas pelo algoritmo MPEG.

No Octave foi utilizada a função *im2double* para que as matrizes resultantes aceitassem valores negativos.

A subamostragem e realizada obtendo a média de conjuntos de 4 pixeis, o canal de iluminância não é subamostrado.

Em seguida preenchemos as matrizes de subamostragem com valores 0, para que fique do mesmo tamanho do canal iluminância Y.

```
% Extrai o RGB
R = im2double(X(:,:,1), 'indexed')-1; %separa o canal R na matriz R
G = im2double(X(:,:,2), 'indexed')-1; %separa o canal G na matriz G
B = im2double(X(:,:,3), 'indexed')-1; %separa o canal B na matriz B

% Converte de RGB para YCbCr
Y =  0.299*R + 0.587*G + 0.114*B; % Calcula o valor da luminância
Cb = 128 - 0.168736*R - 0.331264*G + 0.5*B;% Calcula o valor de Cb
Cr = 128 + 0.5*R - 0.418688*G - 0.081312*B;% Calcula o valor de Cr

% Subamostragem 4:2:0
Cr_a = (
Cr(1:2:end, 1:2:end) +
Cr(2:2:end, 1:2:end) +
Cr(1:2:end, 2:2:end) +
Cr(2:2:end, 2:2:end)
)/4; % Amostra Cr
Cb_a = (
```

```
Cb(1:2:end, 1:2:end) +
Cb(2:2:end, 1:2:end) +
Cb(1:2:end, 2:2:end) +
Cb(2:2:end, 2:2:end)
)/4; % Amostra Cb

% Redimencionamento de Cr e Cb
Cr_c = zeros(l_lin, l_col); % Nova matriz Cr
Cb_c = zeros(l_lin, l_col); % Nova matriz Cb
Cr_c(1:end/2, 1:end/2) = Cr_a;
Cb_c(1:end/2, 1:end/2) = Cb_a;
```

O algoritmo percorre os canais em blocos de 8x8, onde aplicamos a DCT e dividimos pela matriz de quantização Q.

$$Q = \begin{bmatrix} 16 & 11 & 10 & 16 & 24 & 40 & 51 & 61 \\ 12 & 12 & 14 & 19 & 26 & 58 & 60 & 55 \\ 14 & 13 & 16 & 24 & 40 & 57 & 69 & 56 \\ 14 & 17 & 22 & 29 & 51 & 87 & 80 & 62 \\ 18 & 22 & 37 & 56 & 68 & 109 & 103 & 77 \\ 24 & 35 & 55 & 64 & 81 & 104 & 113 & 92 \\ 49 & 64 & 78 & 87 & 103 & 121 & 120 & 101 \\ 72 & 92 & 95 & 98 & 112 & 100 & 103 & 99 \end{bmatrix}$$

Aplicamos a função *zigzag* para formar um vetor de uma dimensão para transmissão.

Nota: Como aplicamos a DCT e dividimos pela quantização, a função *zigzag* faz com que a maior quantidade de zeros fique concentrada no final do bloco de bits.

```
% Variavel de coeficientes
l_coef = zeros(1, l_lin/8*l_col/8*3*64);

% Varre a imagem e separa em blocos de 8
id = 1;
for y = 1:8:l_lin
  for x = 1:8:l_col
    % Aplica a função DCT, divide pela quantizção, então aplica o
zigzag
    l_coef(id:id+63) = zigzag(round(dct2(Y(y:y+7, x:x+7))./Q));
    id = id + 64;
    l_coef(id:id+63) = zigzag(round(dct2(Cr_c(y:y+7, x:x+7))./Q));
    id = id + 64;
    l_coef(id:id+63) = zigzag(round(dct2(Cb_c(y:y+7, x:x+7))./Q));
    id = id + 64;
  endfor
  %disp(y/l_lin);
endfor

l_coef = round(l_coef); % Arredonda os valores dos coeficientes
```

zigzag.m

```
function result = zigzag(matriz)
  a = [
    1
    1
    2
    3
```

```
    2
    1
    1
    2
    3
    4
    5
    4
    3
    2
    1
    1
    2
    3
    4
    5
    6
    7
    6
    5
    4
    3
    2
    1
    1
    2
    3
    4
    5
    6
    7
    8
    8
    7
    6
    5
    4
    3
    2
    3
    4
    5
    6
    7
    8
    8
    7
    6
    5
    4
    5
    6
    7
    8
    8
    7
    6
    7
    8
    8
];
```

```
b = [
    1
    2
    1
    1
    2
    3
    4
    3
    2
    1
    1
    2
    3
    4
    5
    6
    5
    4
    3
    2
    1
    1
    2
    3
    4
    5
    6
    7
    8
    7
    6
    5
    4
    3
    2
    1
    2
    3
    4
    5
    6
    7
    8
    8
    7
    6
    5
    4
    3
    4
    5
    6
    7
    8
    8
    7
    6
    5
    6
    7
```

```
      8
      8
      7
      8
  ];
  result = zeros(1, 64);
  for i = 1:64
    result(i) = matriz(a(i), b(i));
  endfor
endfunction
```

2.2 Código: Etapa 2

Essa etapa simula um arquivo salvo, os coeficientes decimais são convertidos para binário, com a estrutura:

End-of_block	Bit de sinal	Valor do coeficiente						
1	0	1	0	1	0	1	0	1

Cada coeficiente será representado por 9 bits.

Foi escolhida a técnica de complemento para 2, isso permite utilizar a função de conversão em toda a matriz agilizando o código e simplificando o programa.

```
bin_c = [];
for i = 1:64:length(l_coef)
  bin_c = [bin_c; codifica(l_coef(i:i+63))];
endfor
temp = dec2bin(bin_c(:, 2) + 256, 9);
bin = zeros(length(temp), 9);
bin(:, 1) = bin_c(:, 1);
for id=2:9
  bin(:, id) = str2num(temp(:, id));
endfor
```

codifica.m

```
function b = codifica(bloco)
  b = [];
  b = [b; [0 bloco(1)]];
  for c=2:64
    if sum(abs(bloco(c:end))) == 0
      % Adiciona byte end of block
      b = [b; [1 0]];
      break
    else
      b = [b; [0 bloco(c)]];
    endif
  endfor
endfunction
```

2.3 Código: Etapa 3

Primeiro reconstituímos o vetor com os coeficientes, o programa identifica quando o bit EoB é igual a 1, e preenche o resto com zeros até formar o bloco de 64 coeficientes.

```
% Reconstitui o vetor intero para realizar as operações inversas
rbin = zeros(l_lin/8*l_col/8*3*64, 8);
ibin = 1;
for id=1:64:length(rbin)
  for id2 = 0:63
    cbin = bin(ibin, :);
    rbin(id+id2, :) = cbin(2:9);
    ibin += 1;
    if cbin(1) == 1
      break;
    endif
  endfor
endfor
l_dcoef = bin2dec(num2str(rbin(:,2:8))).-128*rbin(:,1);
```

O vetor de 1 dimensão *l_dcoef* é reconstituído em uma matriz do tamanho da imagem original redimensionada. No mesmo loop, a matriz é multiplicada pela quantização Q então é aplicada a função DCT inversa *idct2*.

```
% Cria matrizes YCrCb
Y_d = zeros(l_lin, l_col);
Cr_d = zeros(l_lin, l_col);
Cb_d = zeros(l_lin, l_col);
id = 1;
for y = 1:8:l_lin
  for x = 1:8:l_col
    % Aplica a função inversa: zigzag, quantização e DCT
    Y_d(y:y+7, x:x+7) = idct2(izigzag(l_dcoef(id:id+63)).*Q);
    id = id + 64;
    Cr_d(y:y+7, x:x+7) = idct2(izigzag(l_dcoef(id:id+63)).*Q);
    id = id + 64;
    Cb_d(y:y+7, x:x+7) = idct2(izigzag(l_dcoef(id:id+63)).*Q);
    id = id + 64;
  endfor
endfor
```

A subamostragem da etapa 1 gerou matrizes C_b e C_r com metade do tamanho, para gerar os blocos de dados, geramos a matriz com o mesmo tamanho do canal de luminância Y.

```
% Subamostragem inversa 4:2:0
Cr_f = zeros(l_lin, l_col);
Cb_f = zeros(l_lin, l_col);
for id = 0:3
  % Permutação binaria
  b = dec2bin(id, 2);
  b = str2num([b(1); b(2)]) + 1;
  % Percorre quadrados de 4x4 e adiciona pixel
  Cr_f(b(1):2:end, b(2):2:end) = Cr_d(1:end/2, 1:end/2);
  Cb_f(b(1):2:end, b(2):2:end) = Cb_d(1:end/2, 1:end/2);
endfor
```

Finalmente as matrizes de YCbCr são convertidas novamente para RGB e gera o vetor de imagem novamente. As margens adicionadas são removidas, então, a imagem fica novamente com o tamanho original.

```
% Converte de YCrCb para RGB
Rf = Y_d + 1.402*(Cr_f - 128);
Gf = Y_d - 0.344136*(Cb_f - 128) - 0.714136*(Cr_f - 128);
Bf = Y_d + 1.772*(Cb_f - 128);
```

```
% Une RGB em uma variavel
Xf(:,:,1) = uint8(Rf);
Xf(:,:,2) = uint8(Gf);
Xf(:,:,3) = uint8(Bf);

% Redimencionamento
Xf_r = Xf(1:l_lin - 8 + x_l, 1: l_col - 8 + x_c, :);
```

As últimas linhas do código são para gerar o arquivo de imagem, visualização e relatório de execução.

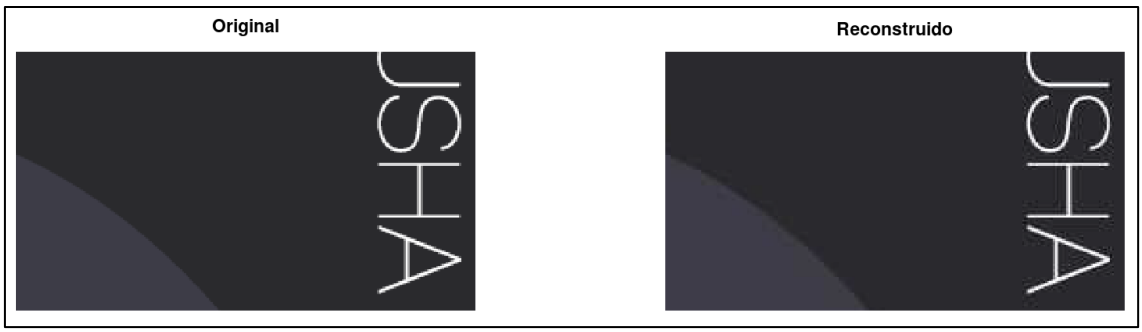
```
% Salva imagem reconstruida
imwrite(Xf, 'result.jpg');

% Plotagem
figure('name', 'Comparação das imagens (Com redimencionamento).');

a = subplot(1,2,1);
imagesc((1:l_col)-0.5, (1:l_lin)-0.5, X);
title('Original');
axis off;
axis('equal');

b = subplot(1,2,2);
imagesc((1:l_col)-0.5, (1:l_lin)-0.5, Xf);
title('Reconstruido');
axis off;
axis('equal');

linkaxes([a, b]); % Alinhamento de zoom

figure('name', 'Comparação das imagens.');

a = subplot(1,2,1);
imagesc(X_r);
title('Original');
axis off;
axis('equal');

b = subplot(1,2,2);
imagesc(Xf_r);
title('Reconstruido');
axis off;
axis('equal');

linkaxes([a, b]); % Alinhamento de zoom

end_time = cputime; % Tempo de excução final

%% Relatório de execução
printf('Relatório de execução:\n');
printf('Tempo de execução: %.2f segundos.\n', end_time - str_time);
printf('Tamanho depois da etapa 1: %d bits.\n', length(l_coef)*9);
printf('Tamanho depois da etapa 2: %d bits.\n', length(bin)*9);
printf('Taxa de compressão: %.2f%%.\n', (1-
length(bin)/length(l_coef))*100);
```

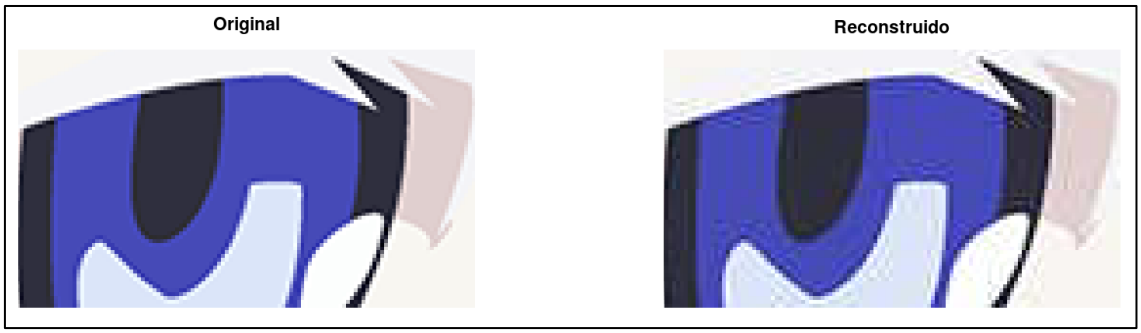
3. Conclusões

Foi realizado testes com imagens fullhd (1920x1080), foi utilizado o formato png pois é um formato de compressão de imagem sem perdas, e as diferenças ficam mais visíveis.

Para o primeiro teste, foi utilizado uma imagem com poucas cores.

É visível como esse método de compressão diminui a qualidade da imagem, principalmente quando há alteração de cor, isso faz com que textos e áreas da imagem onde há um grande contraste (preto e branco no exemplo), fiquem borradas ou destorcidas.





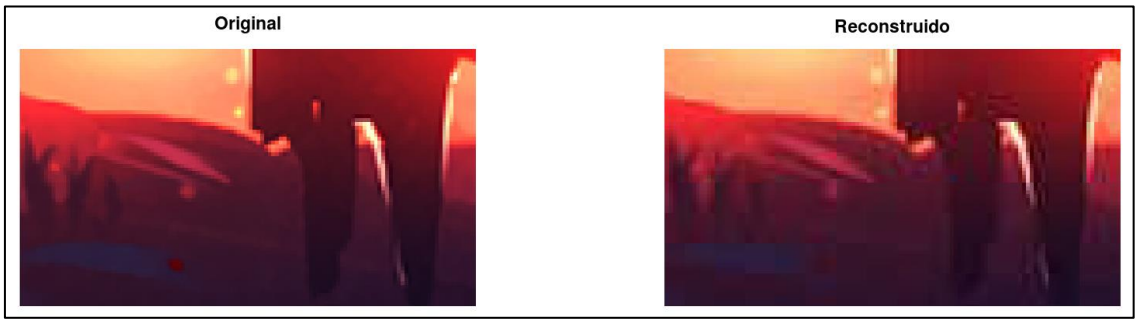
Pode-se observar que a distorção ocorre principalmente onde há o contraste de duas cores.

Relatório de execução:

```
Tempo de execução: 724.00 segundos.
Tamanho depois da etapa 1: 56636928 bits.
Tamanho depois da etapa 2: 2790477 bits.
Taxa de compressão: 95.07%.
```

Para o segundo teste, foi utilizada uma imagem com mais detalhes e cores.

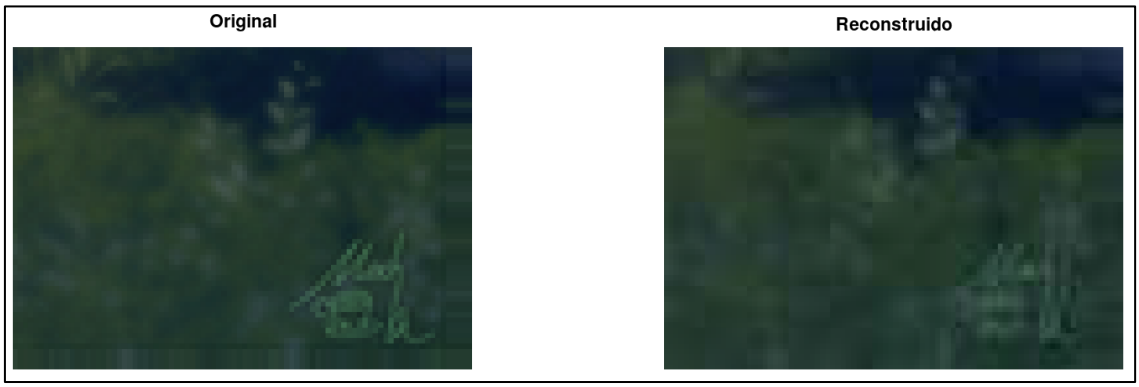
Nessa imagem é possível observar os blocos 8x8 que o algoritmo separou para calcular a DCT.




```
Relatório de execução:
Tempo de execução: 716.19 segundos.
Tamanho depois da etapa 1: 56636928 bits.
Tamanho depois da etapa 2: 4276782 bits.
Taxa de compressão: 92.45%.
```

No último teste foi utilizada uma imagem menor (700x493)

Como essa imagem é menor e com dimensões não divisíveis por 8, a imagem passou por um processo de redimensionamento.



O tempo de execução também é bem menor.

```
Relatório de execução:
Tempo de execução: 109.61 segundos.
Tamanho depois da etapa 1: 9427968 bits.
Tamanho depois da etapa 2: 1036332 bits.
Taxa de compressão: 89.01%.
```

O MPEG é um algoritmo amplamente utilizado por ter uma boa taxa de compressão apesar da qualidade da imagem diminuir. Por isso se tornou amplamente utilizada principalmente na internet.