

Projeto 1

Gabriel da Silva Corvino Nogueira - 18/0113330

Dep. Ciência da Computação

Universidade de Brasília (UnB)

Brasília, Brasil

gab.nog94@gmail.com

Resumo—Neste relatório serão realizados os processos de redução e interpolação em uma imagem colorida por meio de diferentes métodos, cujos resultados serão comparados. Também será abordado um filtro de aguçamento no domínio espacial, que deverá agir sobre imagens previamente interpoladas. Além disso, será realizado o realce de três imagens monocromáticas por meio das técnicas de correção gamma e equalização de histograma, bem como a comparação dos resultados obtidos.

I. INTRODUÇÃO

Na língua portuguesa, a palavra realçar possui alguns significados, dentre eles o ato de ativar traços ou cores de algo; salientar; sobressair ou destacar. Já na âmbito de processamento de imagens, realçar uma imagem remete a alterá-la para que a mesma possa apresentar mais serventia diante de um determinado propósito, como por exemplo revelar ou esconder informações, ou simplesmente deixar a imagem mais agradável ao olho humano.

Inicialmente, é importante ressaltar que qualquer imagem pode ser representada como uma matriz. Tal matriz pode ser bidimensional, no caso de imagens monocromáticas (tons de cinza) ou tridimensional, no caso de imagens coloridas. Nesse último caso cada plano da matriz representa uma cor primária. Pode-se tomar como exemplo uma imagem colorida codificada em RGB, esta apresenta 3 planos na sua terceira dimensão, sendo cada um deles dedicado a uma cor (vermelho, verde e azul).

Dito isso, cada elemento dessa matriz é tido como um píxel. Cada píxel é denotado com um valor que representa o nível de brilho em um determinado ponto de uma imagem. Neste trabalho, cada pixel das imagens observadas corresponderá a um número inteiro de 8 *bits* sem sinal.

Sendo assim, dada uma imagem monocromática f qualquer, onde $f(x, y)$ corresponde ao píxel de coordenadas (x, y) , processar uma imagem no domínio espacial nada mais é do que aplicar uma ou mais funções em cada píxel que compõe uma imagem, para gerar uma nova imagem baseada na original. Tal processo pode utilizar-se da vizinhança de cada píxel ou de um conjunto de imagens. Entretanto, caso seja usado apenas o elemento $f(x, y)$, a operação é chamada de transformação de intensidade ou brilho.

Dessarte, este trabalho tem como objetivo a aplicação de conceitos de realce no domínio espacial na área de processamento de imagens.

Na Seção II-A será detalhado o processo de redução e interpolação de uma imagem colorida. A interpolação de uma

imagem pode ser entendida como o processo de construção de um novo conjunto de píxeis (uma nova imagem) a partir de um conjunto de píxeis previamente conhecidos (a imagem original). Assim, uma imagem será reduzida e, a partir dessa imagem reduzida, será gerada uma nova imagem com tamanho da imagem original.

Também constará na Seção II-A o o processo para poder aplicar um filtro de aguçamento no domínio espacial nas imagens interpoladas, bem como uma nova sugestão de técnica de interpolação.

Já na Seção II-B será detalhado o processo de realce de três imagens monocromáticas mediante as técnicas de *power-law* (correção gamma) e equalização de histograma.

II. METODOLOGIA

A. Questão 1

1) *Função dec_int*: Nesta etapa foi codificada a função `dec_int` capaz de reduzir ou interpolar uma imagem colorida Im com base em um fator numérico n , onde $\{n = 2^m \mid m \in \mathbb{N}, m \geq 1\}$. Além disso, foi estabelecido um terceiro argumento op para informar à função qual operação deverá ser realizada. Caso $op \neq 0$, Im deverá ser reduzida, caso contrário, deverá ser interpolada.

Assim, sendo $Im(i, j, k)$ um píxel da imagem Im , para diminuir o tamanho da imagem, a função deve retornar uma imagem composta apenas pelos píxeis em que as coordenadas i e j satisfazem a condição $((i - 1) \bmod n) = ((j - 1) \bmod n) = 0$. Tal processo acaba por remover $\frac{n^2 - 1}{n^2}$ píxeis da imagem original, o que resulta em uma redução da imagem pelo fator n .

Por outro lado, para interpolar a imagem Im , foi realizado um processo em cada uma dos planos de cores de Im , onde o valor de cada píxel de Im seria copiado em uma submatriz de tamanho $n \times n$ presente na nova imagem a ser retornada pela função. Esse método faz com que para cada píxel da imagem original, sejam adicionados n^2 píxeis na nova imagem, o que resultará em um aumento da imagem pelo fator n .

2) *Função edge_improve*: Nesta etapa foi codificada a função `edge_improve`, responsável por aplicar um filtro de aguçamento em uma imagem Im qualquer. Tal função possui também o parâmetro int , que indica a intensidade na qual o filtro deve ser aplicado.

Isto posto, o filtro de aguçamento utilizado na elaboração da função foi o seguinte operador laplaciano:

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Assim, a partir desse filtro, uma nova imagem Im_2 composta apenas por descontinuidades entre os níveis de brilho da imagem original é gerada.

Portanto, para realçar as bordas e texturas da imagem Im por um fator int , a imagem Im_3 retornada pela função `edge_improve` deverá ser formada a partir da seguinte relação:

$$Im_3 = Im + int \times Im_2 \quad (2)$$

3) *Aplicação das funções elaboradas*: Primeiramente, a função `dec_int` foi aplicada na imagem original, de forma a reduzir pela metade o seu tamanho ($op \neq 0$ e $n = 2$).

Em seguida, a mesma função foi aplicada na imagem reduzida, porém com parâmetros diferentes ($op = 0$ e $n = 2$), com o intuito de interpolar a imagem reduzida para o tamanho original.

Posteriormente, o mesmo processo foi realizado novamente para a imagem original, contudo utilizando redução e interpolação bicúbicas. Para isso, foi utilizada a função `imresize` do MATLAB.

Finalmente, a função `edge_improve` foi aplicada nas imagens interpoladas obtidas pelo uso das funções `dec_int` e `imresize`, onde, a partir de vários valores testados para o parâmetro int , foram escolhidos os valores 0.3 e 1, respectivamente, de forma a obter uma melhora subjetiva nas imagens originais.

4) *Função `better_dec_int`*: Após os processos realizados, foi proposto um novo método de interpolação para melhorar os resultados da função `dec_int`. Assim, a função `better_dec_int` foi codificada.

Esta função implementa um método de interpolação, onde dado o píxel $Im(i, j, k)$ da imagem fornecida para a função, os $n - 1$ píxeis a serem adicionados entre $Im(i, j, k)$ e $Im(i + 1, j, k)$ devem ser equivalentes a média entre esses dois píxeis. A mesma lógica se aplica para os píxeis a serem inseridos entre $Im(i, j, k)$ e $Im(i, j + 1, k)$. Por último, o restante dos píxeis a serem adicionados a partir do píxel $Im(i, j, k)$ devem ser equivalentes a média entre $Im(i, j, k)$, $Im(i + 1, j, k)$, $Im(i, j + 1, k)$ e $Im(i + 1, j + 1, k)$.

Assim, após elaborada a função, o resultado de sua aplicação na imagem reduzida pela função `dec_int` foi testado.

B. Questão 2

1) *Etapa 1*: Nessa etapa, foi testado o realce *power-law* (correção gamma) para três imagens monocromáticas. Sendo que, para cada uma das imagens foram utilizados 4 valores diferentes para o coeficiente γ , onde dois desses valores cumprem a condição $\gamma > 1$ e dois desses valores cumprem a condição $\gamma < 1$.

A decisão de utilizar coeficientes maiores ou menores do que 1 foi tomada pois ambas as situações apresentam resultados diferentes. No caso em que $\gamma > 1$, é esperado que a função de transformação tome forma de potenciação. Dessa forma, os pontos que possuem um nível baixo de brilho na entrada da função acabam ficando mais próximos após a transformação, ao passo que o oposto acontece com os pontos que possuem um alto nível de brilho. Esse tipo de comportamento resulta em uma diminuição do contraste nas regiões escuras da imagem, assim como um aumento no contraste das regiões claras da mesma.

Por outro lado, no caso em que $\gamma < 1$, temos que a função de transformação assume um formato de radiciação. Assim, de maneira análoga ao que foi dito no parágrafo anterior tais valores de γ implicam em um aumento do contraste nas regiões escuras, assim como uma diminuição do contraste nas regiões claras.

Dito isso, os valores escolhidos para o coeficiente γ foram 4; 1,5; 0,5 e 0,1. Assim, tais correções foram aplicadas para cada uma das três imagens por meio da função `imadjust` do MATLAB.

2) *Etapa 2*: Nesta etapa, as três imagens monocromáticas fornecidas na seção anterior foram equalizadas. Para isso foi necessário o uso da função `histeq` do MATLAB.

Após realizada a equalização das três imagens, uma delas foi escolhida, e, para ela foram gerados o histograma e CDF (função de distribuição acumulada) antes e depois da equalização.

Para gerar os histogramas foi utilizada a função `imhist` do MATLAB. Já para gerar a CDF, foram coletados do histograma a quantidade de píxeis na imagem para cada nível de brilho. Em seguida, cada um desses valores foi dividido pelo número total de píxeis na imagem, o que resulta em uma **estatística** sobre a presença de cada nível de brilho, que por conveniência é utilizada como probabilidade da ocorrência de cada um dos níveis de cinza. Assim, fazendo a soma acumulada das probabilidade para cada um dos 256 valores, temos a CDF da imagem analisada.

III. RESULTADOS

A. Questão 1

1) *Interpolação e Redução*: Como visto na Seção II-A, uma imagem colorida seria reduzida e interpolada de duas formas diferentes. Tal imagem é apresentada pela Figura 1 e possui dimensões de 496x400 px.

Primeiramente, foi obtida a imagem reduzida pela metade pela função `dec_int`, passando a ter dimensão de 248x200 px, como mostra a Figura 2. Em seguida a imagem, reduzida foi interpolada pela função `dec_int`, o que resultou na imagem apresentada na Figura 3, cuja a dimensão é 496x400, a mesma da imagem original.

Posteriormente, o mesmo procedimento foi aplicado por meio da função `imresize` do MATLAB, contudo dessa vez utilizando redução e interpolação bicúbicas. Os resultados desse procedimento constam nas Figuras 4 e 5 com dimensões 248x200 e 496x400, respectivamente.



Figura 1. Imagem original utilizada na Questão 1.

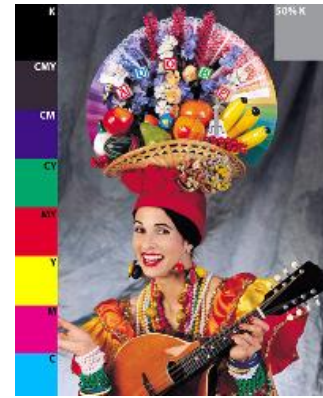


Figura 4. Imagem reduzida pela função imresize por meio de redução bicúbica.

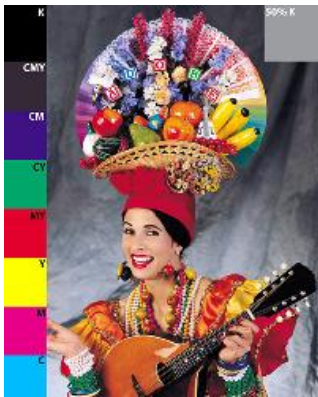


Figura 2. Imagem reduzida pela função dec_int.

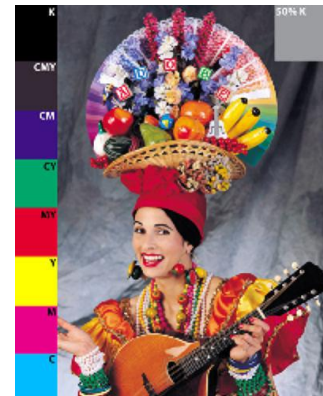


Figura 5. Imagem interpolada pela função imresize por meio de interpolação bicúbica.

Ao comparar o resultado obtido na Figura 2 com o resultado obtido na Figura 4, é perceptível que o resultado da redução bicúbica apresenta traços mais suaves e maior riqueza de detalhes em comparação a imagem reduzida por meio da função dec_int. Tais aspectos podem ser percebidos no contorno dos olhos e sobrancelhas da modelo da imagem, bem como no reflexo de suas unhas, por exemplo. Portanto a redução bicúbica provocou uma menor perda de informação.

Em seguida, ao comparar os resultados das interpolações, é

notório que a imagem da Figura 5 apresenta uma semelhança muito maior com a imagem original em comparação à imagem da Figura 3 por apresentar traços mais suaves, e um aspecto mais fluido. Contudo, também é perceptível que a imagem da Figura 3 apresenta um contraste maior em comparação a imagem da Figura 5, que por sua vez apresenta um aspecto esfumado.

Em linhas gerais, pode-se dizer que os resultados obtidos por meio da função imresize são mais aprazíveis visualmente, contendo linhas mais suaves e maior riqueza de detalhes.

2) *Filtro de Aguçamento*: Após a obtenção das imagens interpoladas, a função edge_improve foi aplicada em cada uma das imagens. Os resultados obtidos constam nas Figuras 6 e 7.

Em ambas as figuras é perceptível que houve um realce nas bordas e texturas após a aplicação do filtro. Ademais, é nítido que a imagem interpolada por meio da função imresize perdeu grande parte do aspecto esfumado relatado anteriormente, além de um aumento considerável em seu contraste.

3) *Nova Interpolação*: Por último, foi testada a proposta apresentada na Seção II-A4 para gerar um melhor resultado ao interpolar a imagem reduzida pela função dec_int para o tamanho original por meio da função better_dec_int. O resultado é apresentado por meio da Figura 8.



Figura 3. Imagem interpolada pela função dec_int.



Figura 6. Imagem interpolada pela função `dec_int` antes e depois do filtro de aguçamento ser aplicado.



Figura 7. Imagem interpolada pela função `imresize` antes e depois do filtro de aguçamento ser aplicado.

Apesar de gerar um resultado melhor que a função `dec_int`, a função `better_dec_int` apresentou um custo computacional maior do que o esperado, demorando cerca de um minuto para gerar uma saída, algo que ainda precisa ser melhorado na codificação dessa abordagem.

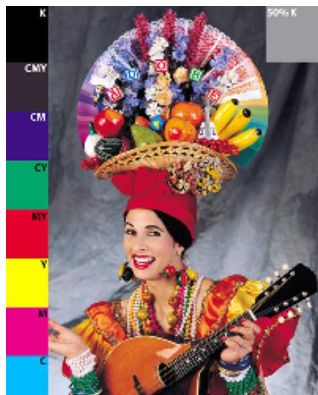


Figura 8. Imagem interpolada pela função `better_dec_int`.

B. Questão 2

1) *Correção Gamma*: Na Seção II-B1 foram selecionados 4 valores de coeficientes para serem utilizados nas correções. A Figura 9 apresenta uma das três imagens originais que foram processadas, enquanto a Figura 10 apresenta o melhor resultado obtido para cada a imagem original ao se utilizar um dos coeficientes escolhidos.



Figura 9. Imagem original.



Figura 10. Imagem transformada ($\gamma = 1.5$).

A partir dos resultados obtidos, foi possível perceber que, como esperado, nas transformações onde $\gamma > 1$ ocorreu um aumento do contraste nas regiões escuras e uma diminuição do contraste nas regiões claras da imagem, enquanto nas transformações onde $\gamma < 1$ houve um aumento do contraste nas regiões escuras e uma diminuição do contraste nas regiões claras da imagem.

2) *Equalização*: Finalmente, as imagens originais utilizadas no processo anterior foram equalizadas. O resultado de uma dessas equalizações está presente na Figura 11



Figura 11. Imagem da Figura 9 equalizada.

Em seguida, foram exibidos o histograma e CDF para uma das imagens originais e para a sua respectiva equalização. Tais representações gráficas são fornecidas pelas Figuras 12 a 15.

A partir do histograma da Figura 12 é possível perceber que a imagem original tem seus níveis de brilhos concentrados em uma faixa que se inicia perto do valor 100 e termina em

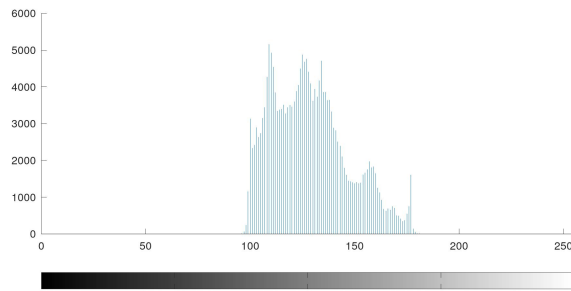


Figura 12. Histograma da Figura 9

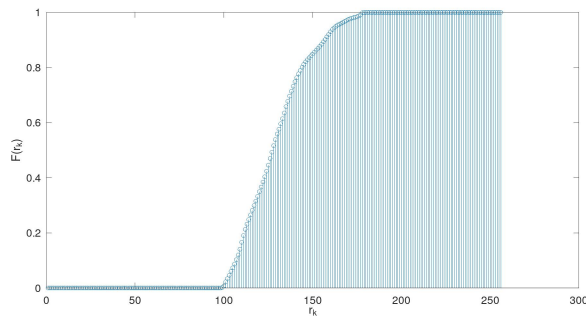


Figura 13. CDF da Figura 9.

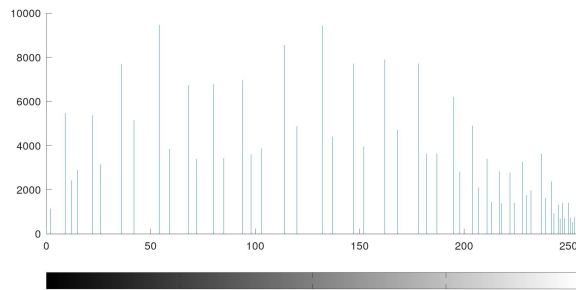


Figura 14. Histograma da Figura 11.

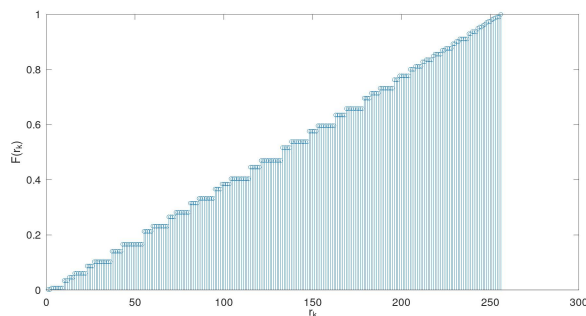


Figura 15. CDF da Figura 11.

um valor em torno de 180. Tal aspecto mostra que imagem possui um baixo contraste, visto que seus níveis de cinza estão concentrados em uma parcela do histograma.

Já o histograma apresentado pela Figura 14 mostra que os níveis de brilho estão melhor distribuídos pela imagem. Assim, por meio do gráfico apresentado pela Figura 15, é possível afirmar que a imagem apresentada na Figura 11 está de fato equalizada, visto que a função de distribuição acumulada da imagem obtida tem uma formata aproximada de uma reta de inclinação 45° .

3) *Comparação entre métodos:* Com base nas imagens analisadas no experimento, foi entendido que o processo de Equalização demonstrou resultados melhores para a imagem da Figura 9 em comparação com o processo de correção gamma. Contudo, nas outras duas imagens estudadas, o processo de correção gamma (onde $\gamma < 1$) resultou em imagens subjetivamente melhores do que o processo de equalização.

Tal fato pode ser explicado pela distribuição de brilho das imagens. Após a análise do histograma das outras duas imagens, foi possível perceber que ambas se tratavam de imagens escuras, visto que há maior concentração de brilho estava no lado esquerdo do histograma. Porém, diferentemente da Figura 9 os níveis de brilho não estão limitados a uma parcela do histograma, o que caracteriza essas imagens como tendo um maior contraste do que a primeira.

Sendo assim, a equalização acabou por eliminar alguns elementos de luz e sombra nessa duas imagens, o que as tornou menos atrativas visualmente em comparação às que sofreram transformação gamma.

Portanto, pode-se dizer que o melhor método de realce depende da distribuição de brilho na imagem analisada.

IV. CONCLUSÕES

A partir dos resultados observados nesse relatório, foi possível concluir que, ao realizar a alteração nas dimensões de uma imagem, muitas informações podem se perder. Sendo assim, o uso de tratamentos matemáticos e algoritmos adequados e eficientes é fundamental para que essa perda possa ser minimizada num processo que dure o menor período de tempo possível.

Além disso, foi possível perceber que uma imagem com traços mais suaves e bem definidos respondeu de forma melhor a aplicação de um filtro de aguçamento.

Ademais, também foi possível verificar que a técnica de realce no domínio espacial a ser utilizada em uma imagem para melhorar sua qualidade subjetiva depende diretamente da forma como os níveis de brilho estão distribuídos nessa imagem.

Em conclusão, o domínio das técnicas apresentadas nesse relatório é de suma importância para que muitas funcionalidades essenciais ao mundo moderno sejam desempenhadas. Quer seja para tornar uma imagem mais adequada para uma funcionalidade ou para torná-la mais agradável ao olho humano.