

Trabalho 1

MC920 - Introdução ao Processamento de Imagem Digital

Victor Ferreira Ferrari

RA 187890

vferrari@mpc.com.br

12 de Setembro de 2019

1 Introdução

Uma famosa técnica para reduzir quantização de cores é a técnica dos meios-tons (halftoning), muito utilizada para impressão de imagens em jornais. A técnica consiste em pontilhar a imagem (*dithering*) em preto e branco para substituir níveis de cinza, por exemplo. Em imagens coloridas, a técnica é aplicada em cada uma das bandas RGB.

Muitas vezes, o método utilizado é o pontilhado com difusão de erro. Essa difusão pode ser feita a partir de diferentes distribuições. Algumas distribuições podem ser vistas na figura 1. A aplicação dessas distribuições de erro pode ser feita diretamente, ou genericamente utilizando máscaras.

Ao final do algoritmo, uma nova matriz é criada com o resultado do pontilhado. A difusão de erro é aplicada na matriz original, então o erro é acumulado e interfere diretamente na aplicação do limiar para preto ou branco. A máscara é aplicada em cada pixel $f(x,y)$ da imagem, e o fator na máscara é multiplicado pelo erro (diferença entre o pixel original e o resultado escolhido).

O intuito do projeto é explorar a técnica de meios-tons com diferentes distribuições de erro, com imagens coloridas e em escala de cinza, em percurso unidirecional e alternado.

		$f(x,y)$	7/16
3/16		5/16	1/16

Floyd e Steinberg

			$f(x,y)$		32/200	
12/200		26/200		30/200		16/200
	12/200		26/200		12/200	
5/200		12/200		12/200		5/200

Stevenson e Arce

		$f(x,y)$	8/32	4/32
2/32	4/32	8/32	4/32	2/32

Burkes

		$f(x,y)$	5/32	3/32
2/32	4/32	5/32	4/32	2/32
	2/32	3/32	2/32	

Sierra

		$f(x,y)$	8/42	4/42
2/42	4/42	8/42	4/42	2/42
1/42	2/42	4/42	2/42	1/42

Stucki

		$f(x,y)$	7/48	5/48
3/48	5/48	7/48	5/48	3/48
1/48	3/48	5/48	3/48	1/48

Jarvis, Judice e Ninke

Figura 1: Distribuições de erro: $f(x,y)$ é o pixel no qual a distribuição está sendo aplicada.

2 Características do Programa

O programa foi feito na linguagem *Python*, com as bibliotecas externas NumPy e OpenCV (CV2). Os argumentos são passados na execução via `argv`, permitindo modificar diversas condições de execução. A entrada deve ser uma imagem colorida (RGB) ou monocromática.

Os argumentos do programa podem ser:

- `file`: Imagem para aplicar a técnica;
- `dist`: Nome da distribuição de erro (primeiro nome das distribuições da figura 1), ou "all" para executar para todas as distribuições disponíveis;
- `-folder`: opcional, pasta de saída (precisa existir);
- `-zig`: opcional, se o percurso é alternado (ou unidirecional);
- `-mono`: opcional, se a imagem é monocromática.

3 Implementação

A implementação da técnica de meios-tons segue o pseudocódigo visto em aula, substituindo a difusão de erro específica pela aplicação de uma máscara.

Se uma imagem é dada como monocromática (argumento `--mono`), é lida como tal, e o algoritmo é executado na única banda disponível. Caso contrário, é lida como uma imagem RGB, e o algoritmo é executado em cada banda da imagem. A leitura é feita via biblioteca OpenCV, em matrizes NumPy.

Então, a imagem é percorrida, com percurso unidirecional ou alternado (dependendo do argumento `-zig`), atribuindo intensidade 0 aos pixels com intensidade menor que 128, e intensidade 255 caso contrário. Com percurso alternado, a máscara também é invertida nas linhas de percurso contrário.

Em seguida, a máscara de distribuição de erro é aplicada, multiplicada pelo erro calculado (original - resultado). A aplicação da máscara foi vetorizada, então utiliza *slices* da matriz NumPy, que criam uma visão da matriz original em vez de copiar os elementos. Para que isso pudesse ser feito, o controle de índices escolhido foi criar uma borda (*padding*) e percorrer apenas a imagem original. Essa borda é então removida da matriz final.

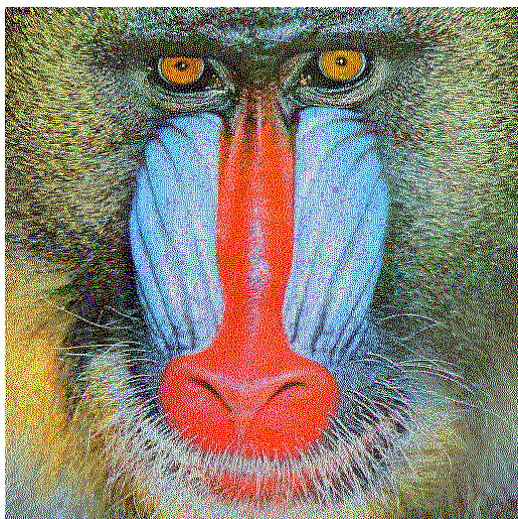
A matriz resultado é salva na pasta "Outputs/" (caso outra pasta não tenha sido passada como argumento de `--folder`).

4 Resultados e Comparação

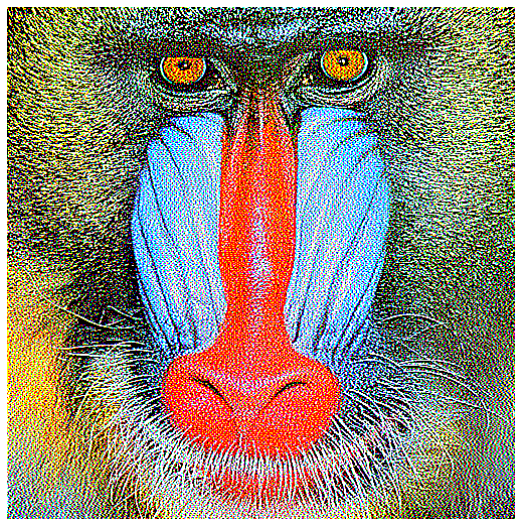
Foram obtidos resultados para 9 diferentes imagens, sendo 5 monocromáticas e 4 coloridas com 6 distribuições diferentes de erro, resultando em 54 imagens finais. Além disso, foi utilizada uma das imagens coloridas como monocromática, resultando em 60 imagens. As imagens de entrada estão disponíveis em https://www.ic.unicamp.br/~helio/imagens_coloridas/ (coloridas) e em https://www.ic.unicamp.br/~helio/imagens_png/ (monocromáticas). Todas as imagens obtidas estão na pasta "Outputs/", presente na pasta de entrega.

4.1 Comparação com Imagem Original

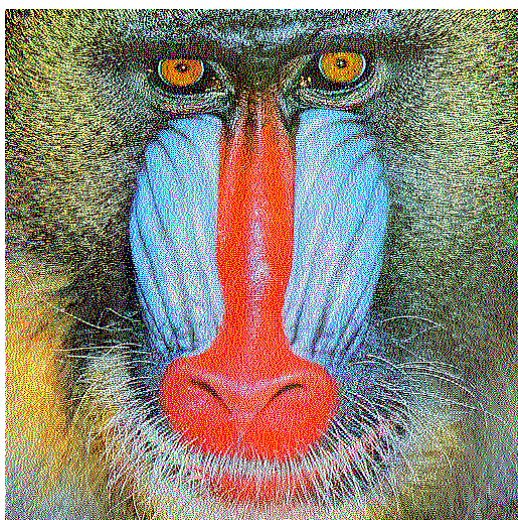
Um exemplo colorido, passado por cada distribuição de erro, está presente na figura 2. A imagem original está na figura 3.



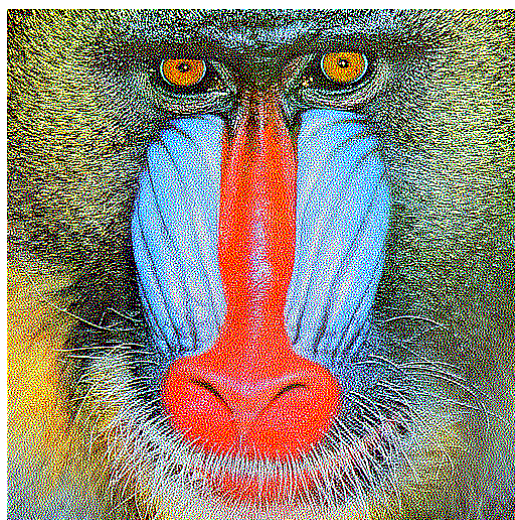
(a) Floyd e Steinberg



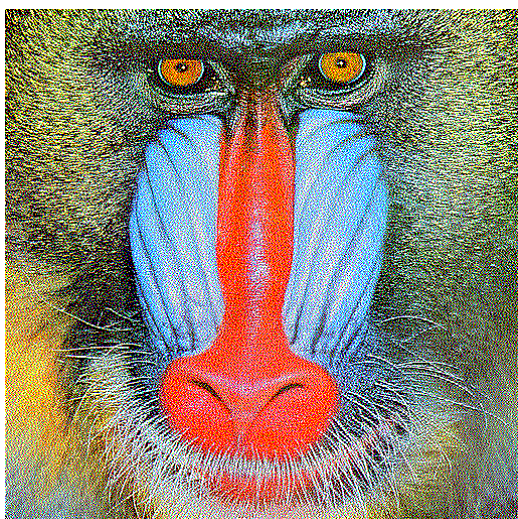
(b) Stevenson e Arce



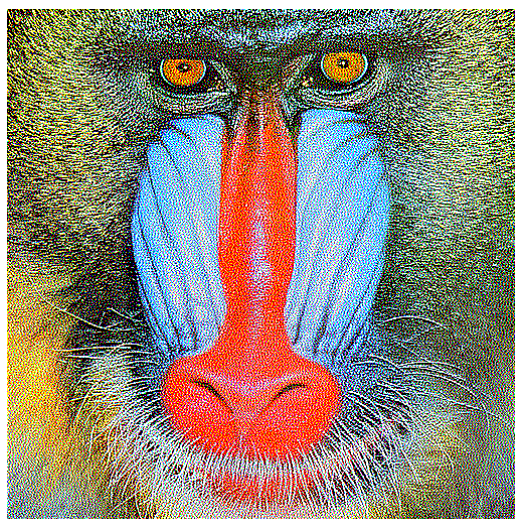
(c) Burkes



(d) Sierra



(e) Stucki



(f) Jarvis, Judice e Ninke

Figura 2: Imagem baboon.png colorida após aplicada técnica de meios-tons com diferentes distribuições de erro.



Figura 3: Imagem baboon.png original.

É notável a diferença entre a imagem original e as resultantes, principalmente quando aproxima-se da imagem. Percebe-se o efeito de meios-tons: com menos cores para recriar a imagem, pontos brancos são mais evidentes nas novas. Porém, a imagem não é a melhor para comparar as diferentes técnicas de distribuição de erro.

4.2 Comparação entre Distribuições de Erro

Para realizar essas comparações, pode-se usar uma imagem monocromática. Os resultados para cada distribuição estão na figura 4.

Nessa figura, é evidente a diferença entre as diferentes distribuições de erro: a distribuição do pontilhado branco (agora bem mais evidente). Em uma imagem monocromática, essas pequenas mudanças são bem mais aparentes, afetando a sutileza do pontilhado.

A distribuição que produziu a imagem que mais se afasta da original é a 4b, com distribuição de Stevenson e Arce. O fato de estar com cores binárias é bem mais evidente nessa distribuição, e por isso não é recomendada se o objetivo é reproduzir a imagem original com o maior grau de fidelidade possível.

Várias das outras distribuições produziram resultados bons, aproximando bem a imagem original. É possível perceber que a distribuição de Floyd e Steinberg produziu mais artefatos que outras, e isso é particularmente visível na pimenta presente à esquerda na imagem.

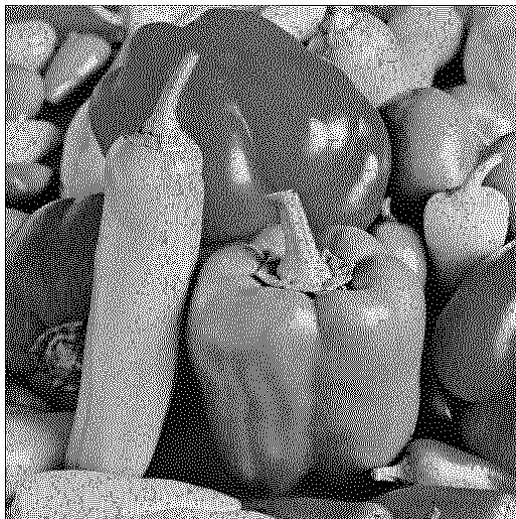
É perceptível também que a distribuição de Burkes parece "borrar" a imagem, perdendo um pouco a nitidez presente em outros resultados. A distribuição de Jarvis, Judice e Ninke forma padrões com o pontilhado branco que lembram linhas, o que pode ser visto facilmente na pimenta presente na parte superior da imagem.

No geral, a distribuição que possui fornece o melhor resultado é a de Stucki. A imagem resultante é nítida, próxima da original e com poucos artefatos. A distribuição de Sierra também fornece resultados muito satisfatórios para esta imagem.

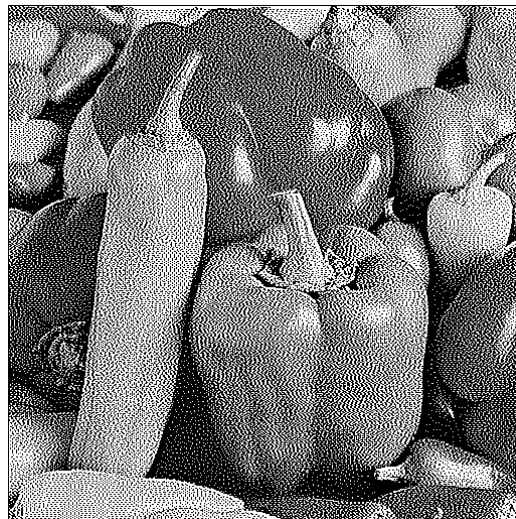
Diferentes imagens possuem diferentes características que podem favorecer outras distribuições. Os resultados discutidos foram os vistos para a figura 4.

4.3 Comparação entre Percursos

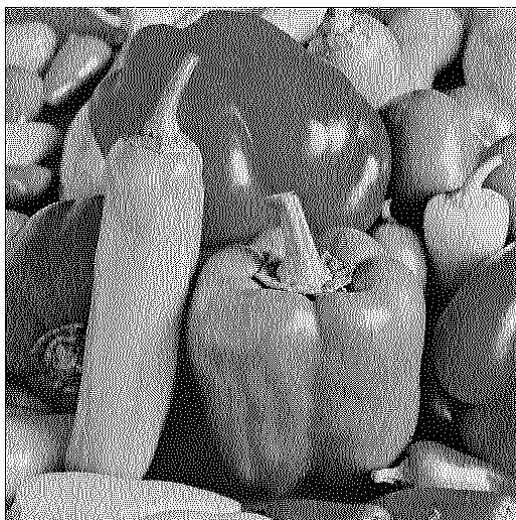
Como citado anteriormente, dois diferentes tipos de percursos foram implementados: o unidirecional e o alternado. Todas as imagens vistas até aqui utilizaram percurso alternado. Podemos ver exemplos de ambos em uma imagem na figura 5, com distribuição de Jarvis,



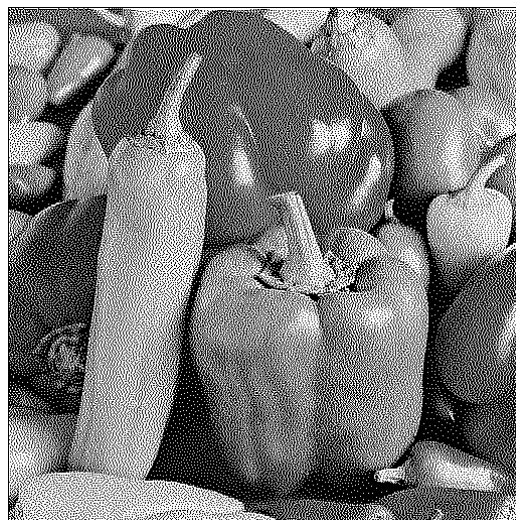
(a) Floyd e Steinberg



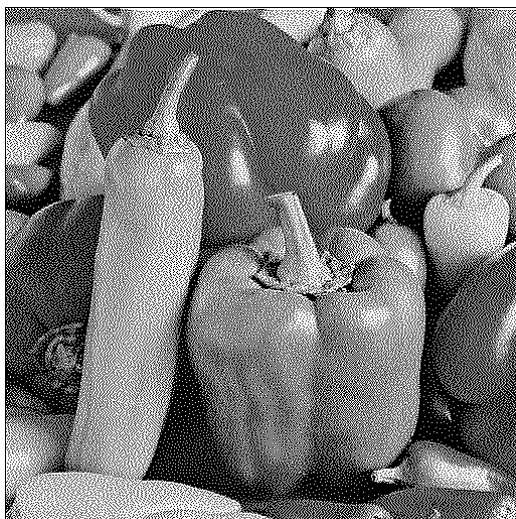
(b) Stevenson e Arce



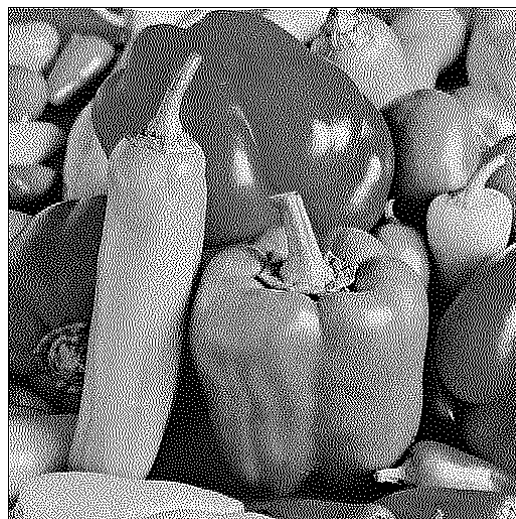
(c) Burkes



(d) Sierra



(e) Stucki



(f) Jarvis, Judice e Ninke

Figura 4: Imagem `peppers.png` monocromática após aplicada técnica de meios-tons com diferentes distribuições de erro.

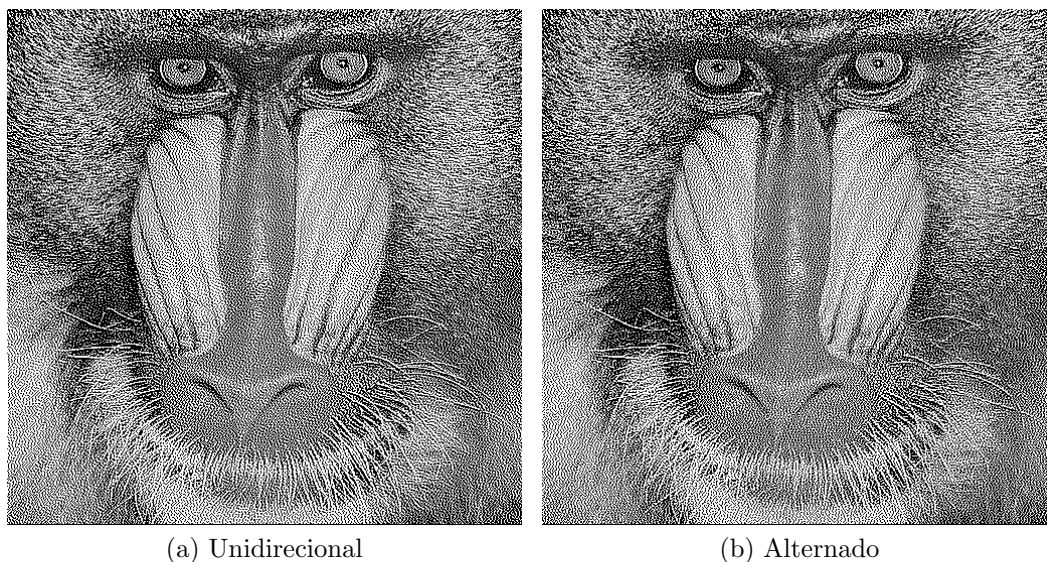


Figura 5: Imagem `baboon.png` monocromática após aplicada a técnica de meios-tons com percurso unidirecional e alternado.

Judice e Ninke. A imagem feita por percurso unidirecional também está na pasta "Outputs/", totalizando 61 imagens.

A diferença vista nas figuras é bem sutil, mas o percurso unidirecional também direciona o pontilhado, então é possível ver certas linhas brancas que não estão presentes na imagem obtida pelo percurso alternado. Por exemplo, na região superior do "nariz" do babuíno, visto na figura 6, há uma sutil linha diagonal na imagem unidirecional.

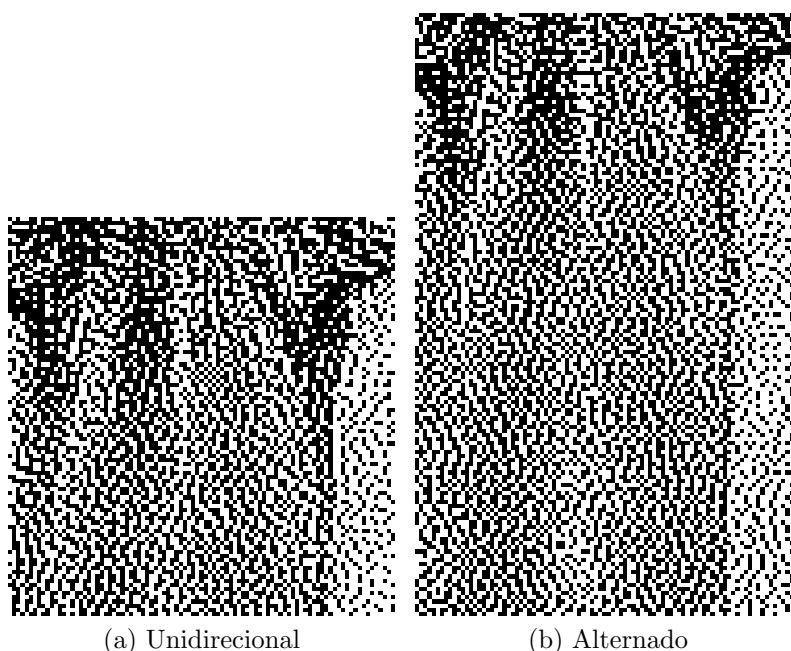


Figura 6: Imagem `baboon.png` monocromática após aplicada a técnica de meios-tons com percurso unidirecional e alternado.

Ou seja, as diferenças entre os percursos são sutis, mas ainda assim presentes. Em imagens com menores dimensões, ou características diferentes, as mudanças podem ser mais visíveis.

5 Conclusão

A técnica de meios-tons possui diversas variações, e cada pequena variação produz resultados diferentes. Essas diferenças podem ser mais ou menos perceptíveis, e não apenas dependem do método, como também de características da imagem analisada: se a imagem é colorida ou monocromática, suas dimensões, contraste e detalhamento.

Para as imagens analisadas, conclui-se que a distribuição de Floyd e Steinberg produz imagens com artefatos visíveis, a distribuição de Stevenson e Arce produz imagens distorcidas e granuladas e a distribuição de Burkes produz imagens pouco nítidas. As melhores distribuições vistas foram as de Sierra e Stucki. As diferenças entre percursos unidirecional e alternado são difíceis de perceber, mas existem e ao ampliar a imagem ficam mais evidentes.

Em imagens coloridas, as diferenças são bem menos visíveis que nas monocromáticas, devido à maior quantidade de intensidades disponível (8 cores em imagens coloridas e 2 níveis de intensidade nas monocromáticas). Ao todo, foi possível implementar diversas variações da técnica de meios-tons e compará-las com sucesso.