

MC920 - Trabalho 2: *Haltoning*

Naomi Takemoto
RA 184849
n184849@dac.unicamp.br

I. INTRODUÇÃO

Halftoning ou meio-tom é um conjunto de técnicas utilizadas para diminuir o número de cores/tons utilizadas para se representar uma imagem, com a preocupação de minimizar a percepção dessa perda para o olho humano. Tais processos são comumente empregados em impressoras que podem apenas plotar pequenos pontos, a ideia é simular a diferença de tons através da distribuição espacial desses pontos. [1].

Neste trabalho são abordadas as técnicas de pontilhado ordenado e pontilhado com difusão de erros de Floyd e Steinberg.

II. OBJETIVOS

Nos propomos a estudar:

- 1) Os resultados do pontilhado ordenado vs pontilhado por difusão de erros.
- 2) A diferença entre padrões representados em matrizes $M_{3 \times 3}$ e $M_{4 \times 4}$ no pontilhado ordenado.
- 3) O impacto do modo de se percorrer a imagem original.

III. TEORIA

A. Pontilhado ordenado

A técnica de pontilhado ordenado analisada substitui um pixel de dada intensidade por um padrão, que é determinado com base na intensidade do pixel, isso resulta em uma imagem de dimensão maior que depende do tamanho da matriz que representa o padrão. A escolha deste tamanho tem relação com a quantização da imagem, por exemplo se forem usados padrões de dimensão 3×3 será possível formar um conjunto de 10 padrões, fazendo um paralelo é possível comparar esse valor com a quantidade de níveis de cinza de uma imagem.

Os padrões formados devem respeitar a norma: "se um pixel for preto no padrão i , então deve ser preto em todos os padrões $j > i$." Uma preocupação essencial no *design* desses padrões é evitar que, ao utilizá-los, sejam inseridas estruturas que não estavam presentes na imagem original, como por exemplo retas.

B. Algoritmo de difusão de erros de Floyd e Steinberg

Diferentemente da técnica de pontilhado ordenado, o algoritmo de Floyd e Steinberg gera como resultado uma imagem com as mesmas dimensões da imagem de entrada. Essa técnica é comumente utilizada em diversas aplicações, uma delas a conversão de uma imagem colorida para o formato *Graphics Interchange Format (GIF)*, que tem uma paleta de 256 cores.

IV. PONTILHADO ORDENADO

A. Diferença na ordem de percorrer as imagens

Primeiramente, aplicamos a técnica de pontilhado ordenado usando o percurso (a) descrito na figura 1. Depois testamos a técnica com algumas pequenas modificações:

- Utilizamos o percurso (b) descrito na imagem à direita da figura 1.
- Nas linhas de índices pares (começando a contar de 0) aplicamos para cada pixel o seu respectivo padrão, definido por uma das matrizes mencionadas anteriormente.
- Nas linhas ímpares utilizamos o padrão correspondente à intensidade do pixel, mas agora refletido em relação a eixo vertical.

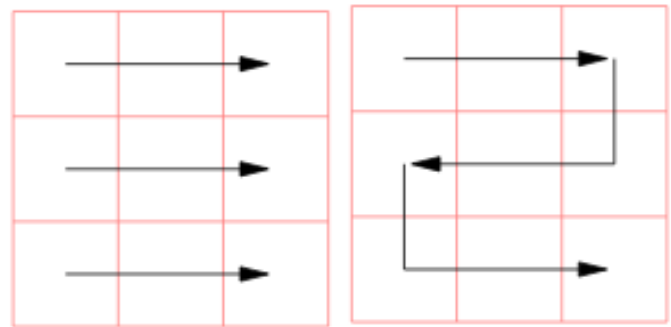


Figura 1: À esquerda o percurso (a) e a direita o percurso (b).

Os resultados podem ser vistos na figura 2:

Ao observar a figura 2, podemos perceber que o resultado da técnica modificada não melhorou o resultado final. Assim, por inspeção visual subjetiva, observamos que a modificação gerou um resultado equivalente, o que contraria a expectativa inicial dado o fato de que quando um padrão é refletido, em tese, estaríamos dobrando o número total de padrões utilizados.

A avaliação quantitativa do resultado não foi possível devido à dificuldade em se encontrar uma métrica para comparação de imagens de tamanho distinto e gerasse resultados compatíveis com a percepção humana. No código que acompanha este relatório, calculamos a diferença pixel a pixel entre os pontilhados ordenados, mas nenhuma conclusão significativa foi obtida.

Outro ponto importante a ser notado é que a ordem de percurso não influencia o resultado final, já que o padrão pelo qual um pixel será substituído depende apenas da intensidade deste. O que determina o resultado é o padrão pelo qual dado



(a)



(b)

Figura 2: Pontilhado ordenado *vanilla* (a) vs pontilhado ordenado modificado (b).

pixel é substituído, assim se a única modificação for usar caminho (a) ou (b), os resultados são equivalentes.

Esse experimento nos leva a concluir que para melhorar a qualidade da imagem, em termos de quantização, explorar exaustivamente as possíveis combinações de padrões mesma dimensão não leva a bons resultados qualitativos. Assim foi realizado um novo teste explorando agora os efeitos de se aumentar o tamanho dos padrões, de uma matriz de 3×3 para uma de 4×4 .

B. Padrões com diferentes tamanhos

Neste experimento comparamos os resultados da aplicação do padrão $M_{3 \times 3}$ o padrão formado pela matriz $M_{4 \times 4}$:

$$M_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} 6 & 8 & 4 \\ 1 & 0 & 1 \\ 5 & 2 & 7 \end{bmatrix}$$

$$M_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} 0 & 12 & 3 & 15 \\ 8 & 4 & 11 & 7 \\ 2 & 14 & 1 & 13 \\ 10 & 6 & 9 & 5 \end{bmatrix}$$

Como pode ser visto na figura 3 as imagens resultantes da aplicação de $M_{4 \times 4}$ apresentam menor granularidade e

transições mais suaves. Sendo possível ler melhor o poema, especialmente o final que está com luminosidade menor. Isso se deve ao fato de que quanto maior o número de padrões, menor a perda de quantização da imagem. Ou seja, se antes os níveis de cinza variavam de 0 a 255, para o pontilhado ordenado baseado em uma matriz de 3×3 , quando aplicamos a técnica, podemos usar apenas 10 padrões diferentes, enquanto que para $M_{4 \times 4}$ esse número é igual a 17.

Mais um exemplo dessa diferença pode ser visto ao se comparar a figura ?? com as imagens da figura 2. Após redimensioná-las, vê-se que o resultado obtido a partir de $M_{4 \times 4}$ praticamente não apresenta granularidades visíveis.



Figura 4: Imagem original em escala de cinza.

V. ALGORITMO DE DIFUSÃO DE ERROS

Ao contrário do pontilhado ordenado, o valor de pixels vizinhos na imagem original influencia no valor de um dado pixel. Assim a ordem com a qual a imagem é percorrida determina o modo com o qual os erros são espalhados na vizinhança do pixel. Na figura 5 vemos o impacto do percurso na imagem final.

Ao analisar esta técnica, testamos:

- 1) O percurso (a) (ver 1).
- 2) O percurso (b).
- 3) O percurso (b), refletindo o padrão em relação ao eixo vertical para os índices ímpares (a indexação era iniciada em 0).

Analisando visualmente os resultados, percebe-se que ao utilizar o percurso b (tanto com quanto sem *flip*) são introduzidos padrões que não estavam presentes na imagem original. Em compensação, o percurso (a) apresenta ruídos mais granulares, mas na figura em questão, a qualidade do resultado final não foi criticamente prejudicada. Nota-se ainda que a imagem original analisada na figura 5 apesar de apresentar diferentes tonalidades de cinza, é predominantemente branca e preta o que pode ter influenciado no resultado.

Para ilustrar a efetividade da técnica de difusão de erros usamos também a figura ?? que conta com transições e níveis de cinza mais suaves do que a imagem anteriormente estudada:

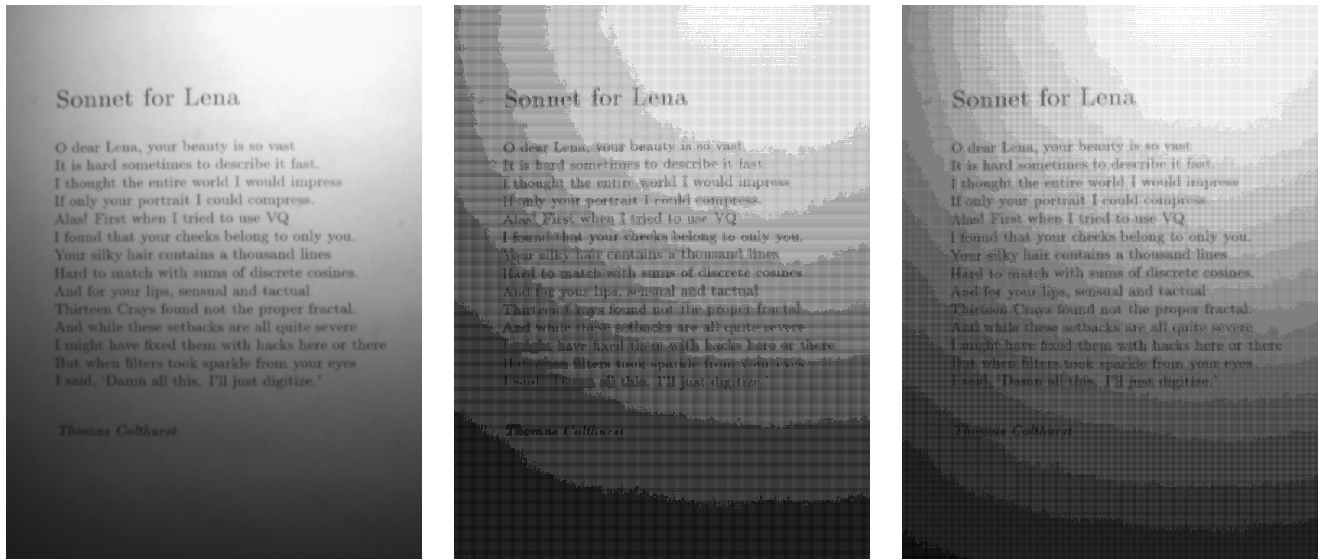


Figura 3: Comparação entre os resultados para diferentes imagens. Como as matrizes possuem tamanhos distintos, foi feito um redimensionamento.

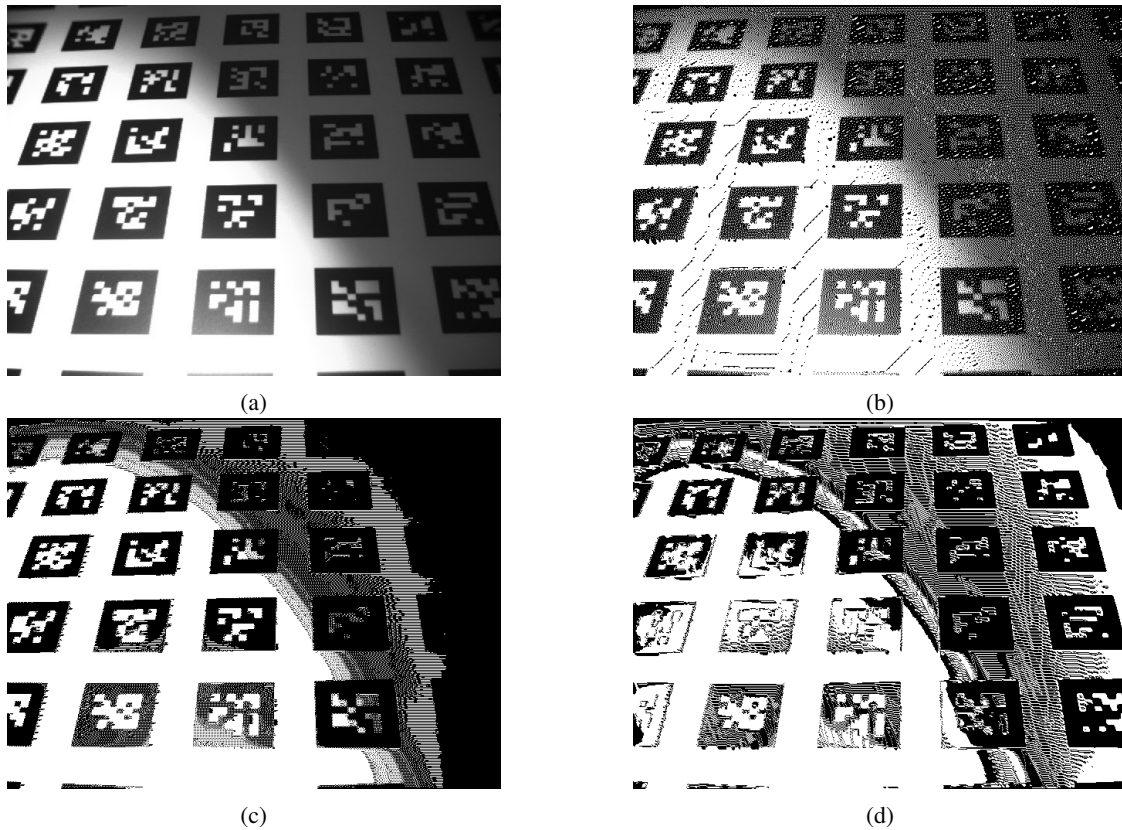
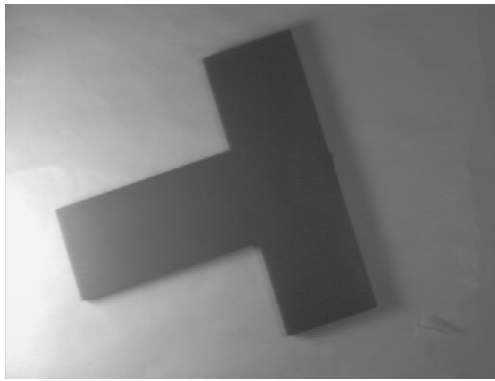
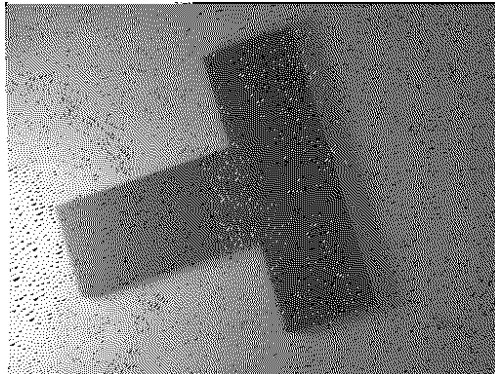


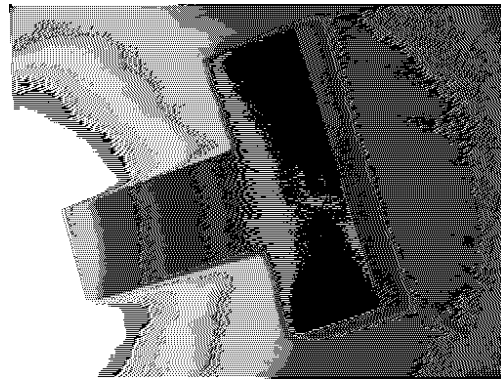
Figura 5: Em 5a a imagem original em escala de cinza. Em 5b o resultado da aplicação do algoritmo *vanilla* de difusão de erros. Em 5c usando o trajeto b. Em 5d usando o trajeto b e fazendo a reflexão do padrão em relação ao eixo vertical.



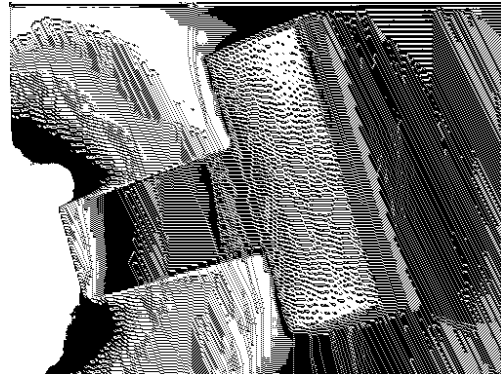
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 6: Em 6a a imagem original em escala de cinza. Em 6b o resultado da aplicação do algoritmo *vanilla* de difusão de erros. Em 6c usando o trajeto b. Em 6d usando o trajeto b e fazendo a reflexão do padrão em relação ao eixo vertical.

Com isso percebe-se o uso do percurso (a) resulta em uma imagem granular, enquanto o uso do percurso (b) cria linhas horizontais e o percurso (b) com *flip* cria padrões em linhas diagonais.

VI. CONCLUSÕES

As principais conclusões desse trabalho foram que na técnica de pontilhado ordenado o fator mais importante para se diminuir a percepção de perda de quantização é o tamanho da matriz que forma os padrões. Ou seja, explorar múltiplas percursos com ou sem *flip* do padrão não gera grandes melhoras.

No algoritmo de difusão de erros, a ordem do percurso é determinante, podendo acarretar a inserção de padrões que não estavam na imagem original.

Comparativamente, o algoritmo de difusão de erros pode gerar imagens finais ruidosas do que o pontilhado ordenado feito com base numa matriz $M_{4 \times 4}$.

REFERÊNCIAS

- [1] PEDRINI Hélio. Aula de Realce - 1ºSemestre de 2019. Disponível em: http://www.ic.unicamp.br/~helio/disciplinas/MC920/aula_realce.pdf. Acesso em 30 de abril de 2019.