

# MC920 Trabalho 2 - Técnicas de Pontilhado

182851 - Lucy Miyuki Miyagusiku Narita

8 de maio de 2019

## 1 Introdução

O objetivo deste trabalho é implementar e aplicar algumas técnicas de pontilhado em imagens monocromáticas, ou seja, aplicar processos que utilizam de padrões formados por pontos pretos e brancos para reduzir o número de níveis de cinza de uma imagem. Procurando sempre manter a percepção de tons de cinza por parte do usuário.

Juntamente desse relatório está sendo enviado um arquivo zip que contém o código e as imagens referentes ao projeto.

## 2 Execução

O projeto foi desenvolvido em Python 3.7.0 e também foi testado com Python 2.7.15, utilizando os seguintes pacotes como dependências:

- Manipulação de dados
  - `numpy`
  - `opencv`
- Outros
  - `hilbertcurve`<sup>1</sup>

As imagens utilizadas como entrada se encontram na pasta `imgs/in`. As imagens geradas se encontram na pasta `imgs/out`.

---

<sup>1</sup><https://github.com/galtay/hilbertcurve>

Conforme especificado pelo projeto, apenas imagens no formato PGM (*Portable Gray Map*) são aceitas como entrada. Igualmente, apenas imagens no formato PGM são geradas como saída.

O script pode receber alguns argumentos, que são descritos abaixo:

```
export OUTPUT_FILENAME="lenna_half-tone"
export IMAGE_NAME="lenna"
python lab02.py --out $OUTPUT_FILENAME --alg cluster_dot8 $IMAGE_NAME
```

positional arguments:

IMAGE_NAME	image file name; do not include extension (file must be inside the './imgs/in' folder)
------------	---

optional arguments:

-h, --help	show this help message and exit
--out OUTPUT_FILENAME	output file prefix; do not include extension (the resulting image(s) will be saved inside './imgs/out')
--alg {simple3 bayer2 bayer4 bayer8 cluster_dot4  cluster_dot8 fs_uni fs_alt fs_hil all}	algorithm to execute. Defaults to 'all'

### 3 Processo e Decisões Tomadas

Foram implementados duas técnicas de pontilhado:

- Pontilhado Ordenado (Ordered Dithering)
- Difusão de Erro (Floyd-Steinberg Dithering)

Para a técnica de pontilhado ordenado, foram utilizadas as seguintes matrizes:

Tabela 1:  $M_{3 \times 3}$

6	8	4
1	0	3
5	2	7

Tabela 2:  $Bayer_{2 \times 2}$

0	2
3	1

Tabela 3:  $Bayer_{4 \times 4}$

0	12	3	15
8	4	11	7
2	14	1	13
10	6	9	5

Tabela 4:  $Bayer_{8 \times 8}$

0	48	12	60	3	51	15	63
32	16	44	28	35	19	47	31
8	56	4	52	11	59	7	55
40	24	36	20	43	27	39	23
2	50	14	62	1	49	13	61
34	18	46	30	33	17	45	29
10	58	6	54	9	57	5	53
42	26	38	22	41	25	37	21

Tabela 5:  $ClusterDot_{8 \times 8}$

24	10	12	26	35	47	49	37
8	0	2	14	45	59	61	51
22	6	4	16	43	57	63	53
30	20	18	28	33	41	55	39
34	46	48	36	25	11	13	27
44	58	60	50	9	1	3	15
42	56	62	52	23	7	5	17
32	40	54	38	31	21	19	29

Enquanto que para a técnica de pontilhado por difusão de erro, variamos os resultados modificando as formas de varredura da imagem:

- Unidirecional (a)
- Alternada (b)
- Curva de Hilbert (c)

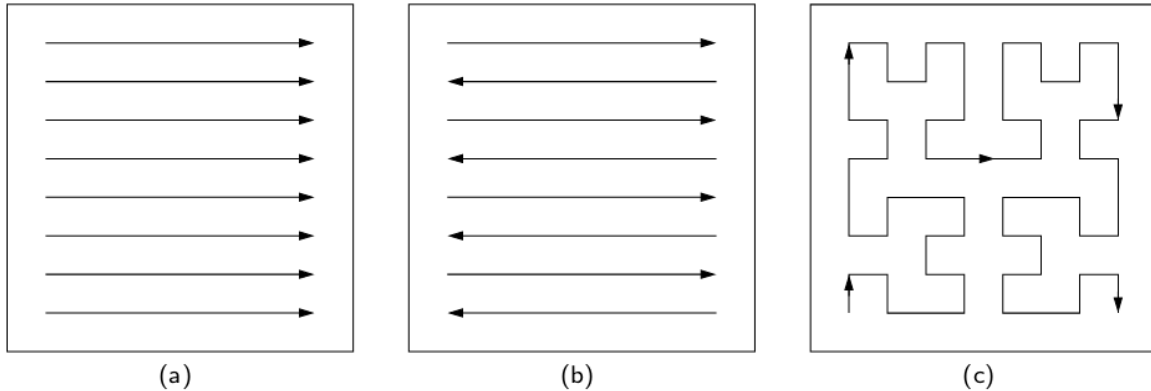


Figura 1: Formas de varredura da imagem

A varredura seguindo a curva de Hilbert foi adicionada apenas como uma tentativa bônus e funciona apenas com imagens quadradas de dimensões  $2^n \times 2^n$ , não há garantias da correteza da implementação.

## 4 Resultados e Discussões

As técnicas de pontilhado foram aplicados à Imagem 2.

### 4.1 Pontilhado Ordenado

#### 4.1.1 $M_{3 \times 3}$

Pela Figura 3 é possível perceber que a matriz  $M_{3 \times 3}$  cria certos padrões "quadriculares" na imagem que podem ser considerados como artefatos. Essa matriz também "realça" as bordas entre as regiões em que há mudança da tonalidade de cinza predominante (pois uniformiza as regiões com tons de cinza similares), criando um efeito muito parecido com um filtro de *cutout*<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup>Photoshop filter



Figura 2: Imagem original



Figura 3: Aplicação de  $M_{3 \times 3}$  Tabela 1



Figura 4: Detalhes da Imagem 3

#### 4.1.2 $Bayer_{2 \times 2}$



Figura 5: Aplicação de  $Bayer_{2 \times 2}$  Tabela 2



Figura 6: Detalhes da Imagem 5

Com relação às tonalidades de cinza, a matriz de Bayer  $2 \times 2$  (cujo resultado pode ser visualizado na Figura 5) tem um efeito semelhante à matriz  $3 \times 3$ , no sentido que uniformiza as regiões com tons de cinza similares, porém, a imagem resultante não apresenta a textura característica da matriz  $3 \times 3$ .

#### 4.1.3 $Bayer_{4 \times 4}$

Após a aplicação da matriz de Bayer  $4 \times 4$ , podemos verifica na Figura 8 o padrão de cruz característico do pontilhado de Bayer.



Figura 7: Aplicação de  $Bayer_{4 \times 4}$  Tabela 3

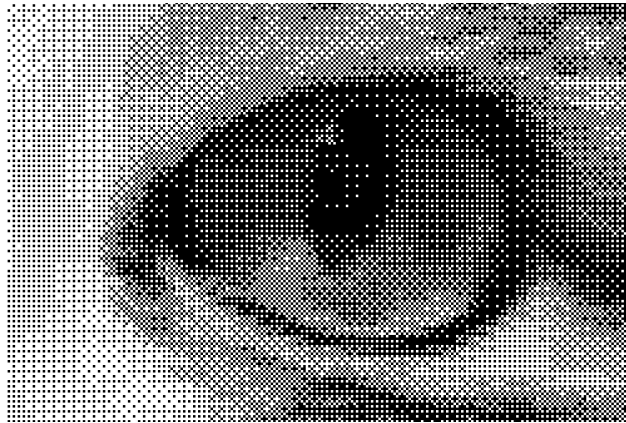


Figura 8: Detalhes da Imagem 7



Figura 9: Aplicação de  $Bayer_{8 \times 8}$  Tabela 4

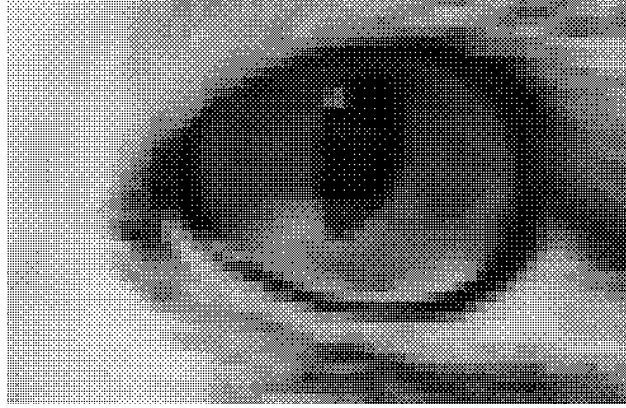


Figura 10: Detalhes da Imagem 9

#### 4.1.4 $Bayer_{8 \times 8}$

O resultado da Figura 9, muito parecido com a imagem original, se dá ao aumento das dimensões da imagem pela técnica de pontilhado ordenado (e ao seu consequente *resize* para este relatório), pois "aumenta"-se a resolução da imagem (1 pixel da imagem original = 64 pixels da imagem resultante), aumentando também a quantidade de níveis de cinza representáveis pela técnica de pontilhado.

#### 4.1.5 $ClusterDot_{8 \times 8}$



Figura 11: Aplicação de  $ClusterDot_{8 \times 8}$  Tabela 5

A matriz 5 mimifica a técnica de *halftoning* utilizada na impressão de imagens em jornais. Ela cria padrões circulares para representar a imagem que podem ser melhor visualizados na Figura 12.



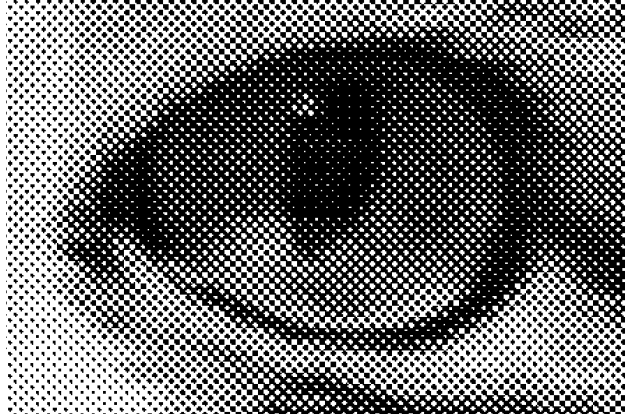


Figura 12: Detalhes da Imagem 11

## 4.2 Difusão de Erro

### 4.2.1 Floyd-Steinberg Unidirecional



Figura 13: Floyd-Steinberg com varredura unidirecional

Um dos grandes problemas de se aplicar Floyd-Steinberg em uma única direção se dá pela criação de *worm artifacts* (segmentos de retas horizontais, verticais e diagonais) que criam impressão de "ruído".

### 4.2.2 Floyd-Steinberg Alternado

Para a imagem utilizada como exemplo aqui, alterar a forma de varredura da imagem, não apresentou muitas mudanças em relação a imagem observada a distância. Uma inspeção



Figura 14: Detalhes da Imagem [13](#)



Figura 15: Floyd-Steinberg com varredura alternada



Figura 16: Detalhes da Imagem 15

mais detalhada nos mostra que enquanto certos artefatos foram de fato atenuados, outros surgiram em posições diferentes.

#### 4.2.3 Floyd-Steinberg Curva de Hilbert (Riemersma Dither)

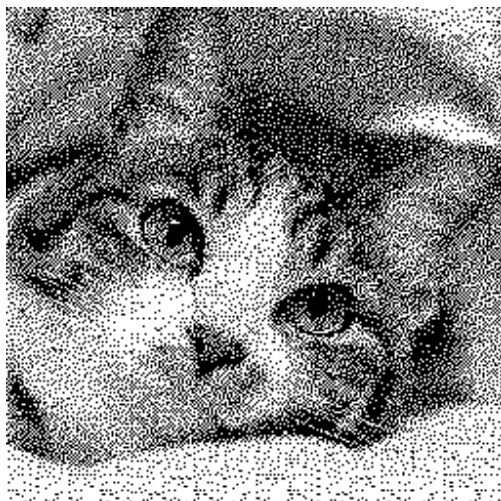


Figura 17: Floyd-Steinberg com varredura sobre a curva de Hilbert

A varredura sobre a curva de Hilbert (ou pelo menos a tentativa disso), nos mostra um resultado um pouco melhor do que os anteriores (unidirecional e alternado), principalmente para as áreas mais claras, onde os artefatos eram mais proeminentes.



Figura 18: Detalhes da Imagem 17

## 5 Conclusão

Neste exercício pudemos verificar algumas técnicas para reduzir a quantidade de níveis de cinza necessários para se representar uma imagem em *grayscale*.

Pudemos verificar as técnicas de pontilhado ordenado, que causam uma mudança não só na quantidade de níveis de cinza utilizados para representar uma imagem, mas também em suas dimensões. A grande vantagem de se utilizar da técnica de pontilhado ordenado é a facilidade de implementação e rapidez de processamento.

Como comentário adicional, certas matrizes também podem ser utilizadas para criar efeitos artísticos na imagem original (nenhuma dessas foi implementada neste projeto) e também podemos traçar certos paralelos com os padrões gerados pelas matrizes de Bayer com os padrões mais comuns muito utilizados para a pintura de gradientes no estilo de desenho chamado de *pixel art*.

A técnica de pontilhado por propagação de erro se baseia na ideia de que um pixel ligeiramente "fora de lugar" gera ruído visual, por isso os valores vizinhos geram efeito sobre o valor final do pixel.

## Referências

- [1] Pedrini, H., *MC920 Introdução ao Processamento Digital de Imagens - Realce*, (Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP. 2019). [Online] available at [http://www.ic.unicamp.br/~helio/disciplinas/MC920/aula\\_realce.pdf](http://www.ic.unicamp.br/~helio/disciplinas/MC920/aula_realce.pdf)