

Dithering

- **Introdução**

- *Dithering* é a denominação de método para produzir a sensação visual de tons de cinza em dispositivo de visualização capaz apenas de representação dois níveis de intensidade, em geral, preto e branco (por exemplo, impressora laser monocromática).
- Dithering procura minimizar os efeitos visuais de contornos artificiais formados pelo redução do número de intensidades da imagem (quantização de cores).

Dithering

- **Contornos de quantização**

- Quantização com método limiar simples

```
threshold = (WHITE + BLACK) / 2;
```

```
if( pixel[x][y] < threshold )
```

```
    pixel[x][y] = BLACK;
```

```
else
```

```
    pixel[x][y] = WHITE;
```

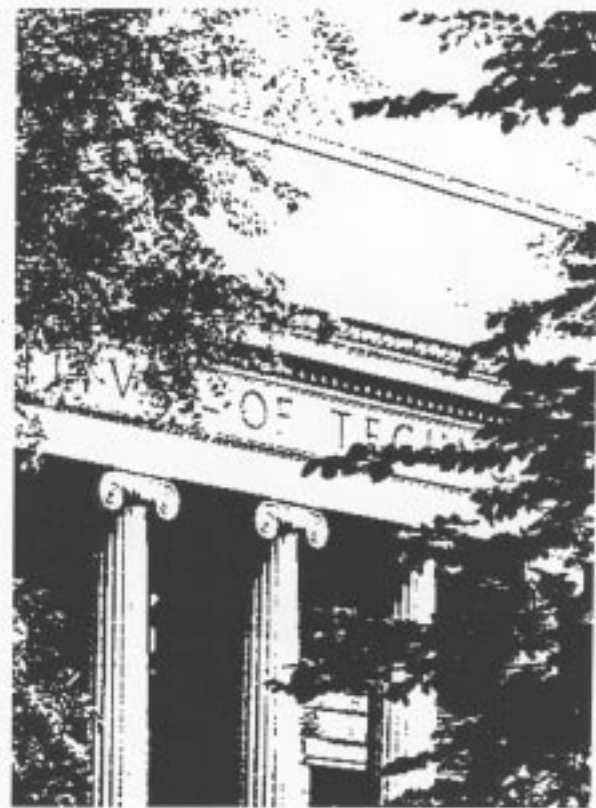
- Observações:

- BLACK - intensidade mínima (por exemplo: 00 hexa)
- WHITE - intensidade máxima (por exemplo: FF hexa)
- pixel[x][y] - intensidade no ponto x,y

Dithering

- **Contornos de quantização**

- Exemplo de quantização (método limiar simples)



Dithering

- **Contornos de quantização**

- O surgimento dos contornos de quantização está associado ao erro de quantização, mais precisamente, à correlação do erro de quantização em relação a *pixels* vizinhos.
- Correlação do erro de quantização: á uma tendência que *pixels* vizinhos seja quantizado para o mesmo nível (WHITE OU BLACK), já que há uma tendência de que *pixels* adjacentes tenham o mesmo nível de cinza.
- Podemos descorrelacionar o erro introduzindo uma perturbação aleatória (ruído branco) .
- .

Dithering

- **Modulação aleatória**

- Dithering por modulação aleatória

```
threshold = (BLACK + WHITE) / 2;
```

```
temp = pixel[x][y] + random();
```

- ```
if(temp < threshold)
 - pixel[x][y] = BLACK;
```
- **else**
  - pixel[x][y] = WHITE;

- Observações

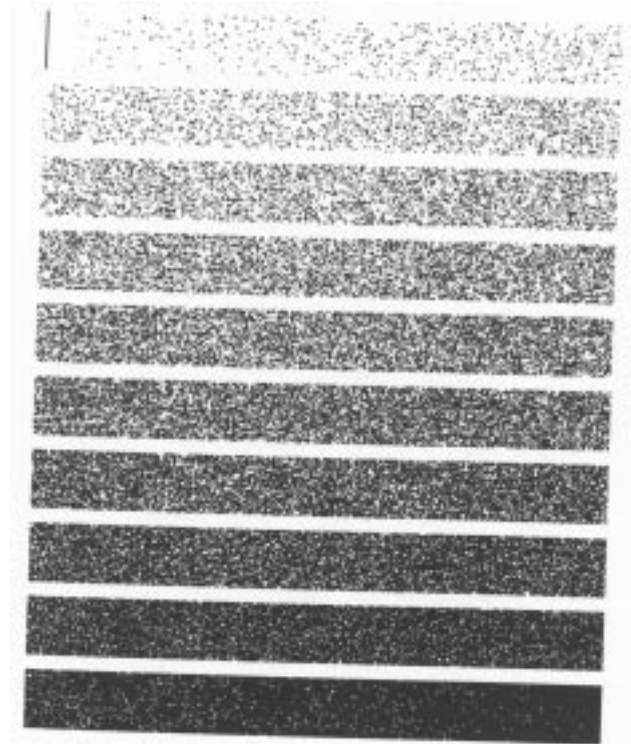
- random() - função que gera um valor aleatório entre [-threshold , +threshold].

## Dithering

---

- **Modulação aleatória**

- Exemplo de Dithering por modulação aleatória

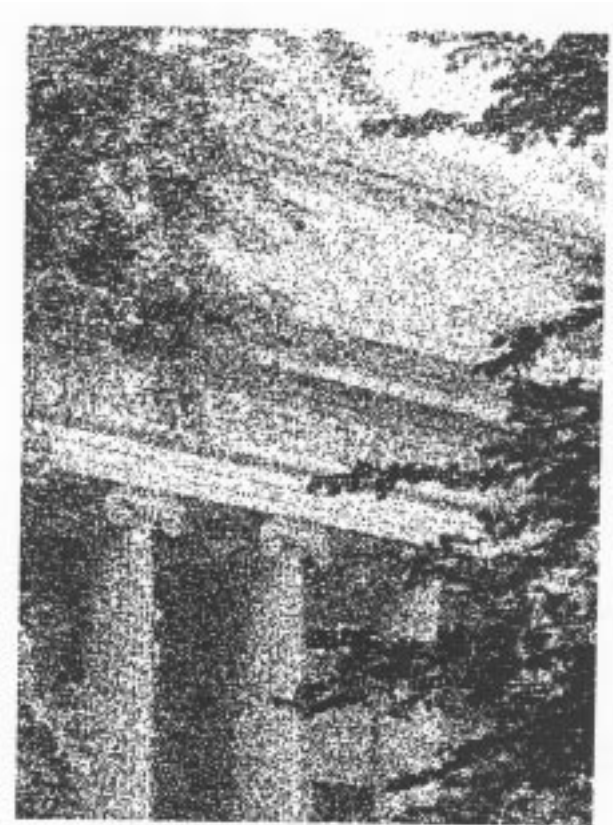


## Dithering

---

- **Modulação aleatória**

- Exemplo de Dithering por modulação aleatória



## Dithering

---

- **Conceitos**

- A técnica de *Dithering* está associada a descorrelacionar o erro de quantização, evitando, ou pelo menos tentando minimizar, os contornos de quantização.
- Explora a característica do sistema visual humano de integrar (compor um valor médio) os estímulos luminosos recebidos por determinado ângulo sólido.

## Dithering

---

- **Classes de Algoritmos**

- Em contraposição a estratégia de modulação aleatória, tem-se os algoritmos de dithering ordenados que procuram introduzir perturbação determinísticas (não aleatórias) para a decorrelacionar o erro de quantização.
- Classes de Algoritmos Ordenados

|            |                       |                       |
|------------|-----------------------|-----------------------|
| Aperiódico | Floyd-Steinberg       |                       |
| Periódico  | Dispersed-Dot Ordered | Clustered-Dot Ordered |
|            | Dispersão             | Aglomeração           |

- Aperiódico / Periódico: refere-se à regularidade da produção de padrões para a produção de tons intermediários de cinza.
- Dispersão / Aglomerado: refere-se a estrutura dos pontos gerados (dispersos ou aglomerados).

## Dithering

---

- **Ordenado Periódico**

- Estratégia Básica

```
i = x % N; /* resto da divisao por N */
j = y % N;
```

- `if( pixel[x][y] > D[i][j] )`
  - `pixel[x][y] = WHITE;`
- `else`
  - `pixel[x][y] = BLACK;`

- Observações:

- `D[ ][ ]` - matriz de dithering ( $N \times N$ )
- `N` - ordem da matriz

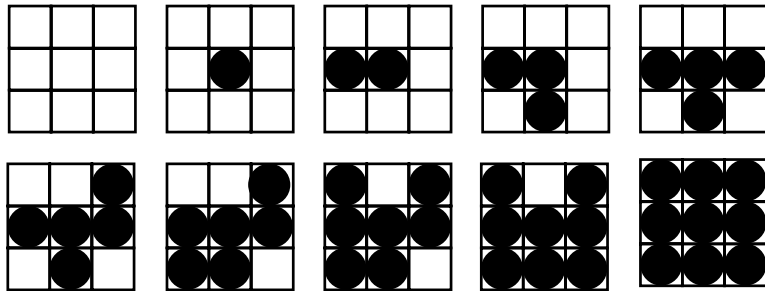
## Dithering

- **Ordenado Periódico (com aglomeração de pontos)**

- Exemplo matriz de dithering ordenado 3x3

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

- Para uma área de intensidade constante 3x3, as seguintes configuração de pontos são produzidas



## Dithering

- **Ordenado Periódico (com aglomeração de pontos) (cont.)**

- No exemplo anterior, temos:

- 10 níveis de cinza diferentes.
- Crescimento aglomerado dos pontos para representar intensidades crescentes (decrecentes).
- Dithering ordenado (periódico) com aglomeração de pontos (clustered-dots ordered dithering)
- Dithering ordenado (periódico) com aglomeração de pontos é apropriado para dispositivos que não possuem boa precisão na definição de pontos isolados, como, por exemplo, impressoras laser.
- Em áreas de intensidade constante tem a tendência de forma padrões (artefatos) visíveis.

## Dithering

---

- Ordenado com aglomeração de pontos

- Variações:

- Dimensão da matriz
- Valores da Matriz
- Orientação

- Exemplo (6x6)

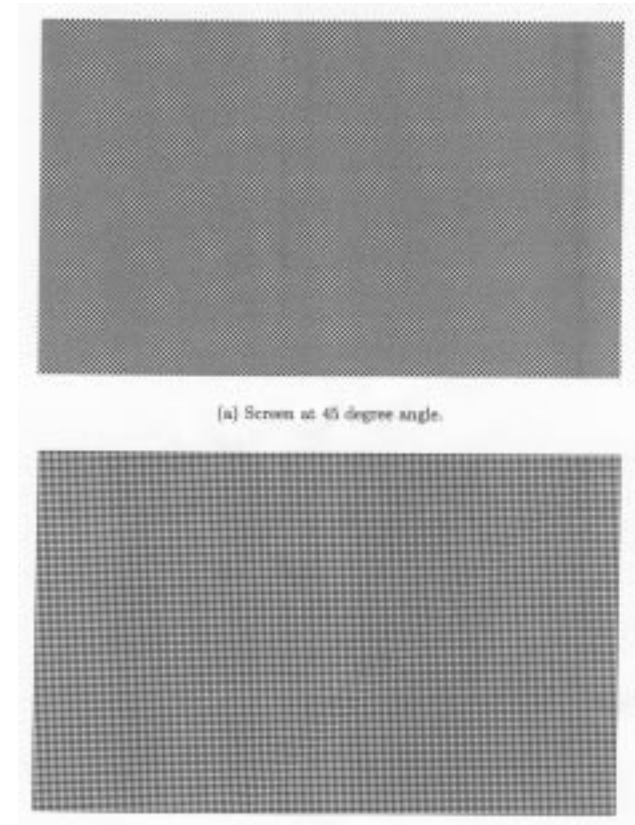
|   |    |    |    |    |    |     |
|---|----|----|----|----|----|-----|
| [ | 34 | 29 | 17 | 21 | 30 | 35] |
| - | 28 | 14 | 9  | 16 | 20 | 31  |
| - | 13 | 8  | 4  | 5  | 15 | 19  |
| - | 12 | 3  | 0  | 1  | 10 | 18  |
| - | 27 | 7  | 2  | 6  | 23 | 24  |
| - | 33 | 26 | 11 | 22 | 25 | 32] |

## Dithering

---

- Ordenado com aglomeração de pontos

- Sensibilidade à orientação



## Dithering

- Dithering - ordenado com aglomeração de pontos

- Sensibilidade à orientação

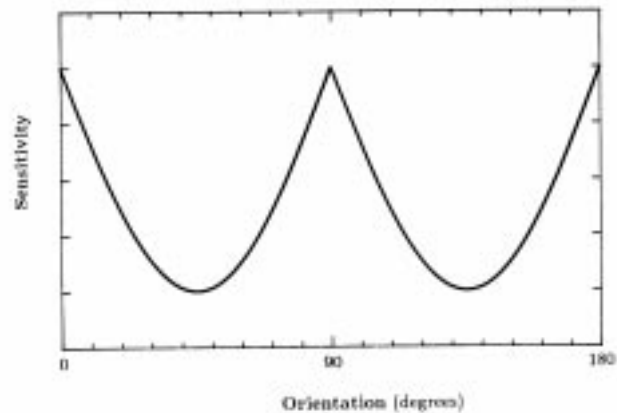


Figure 5.3: Spatial Frequency Sensitivity vs. Orientation.

- O Alinhamento horizontal e vertical produz artefatos indesejáveis mais visíveis.

## Dithering

- Ordenado com aglomeração de pontos

- Orientação - exemplo 45° (19 níveis)

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 8  | 6  | 7  | 9  | 11 | 10 | 8  | 6  | 7  | 9  | 11 | 10 |
| 5  | 0  | 1  | 12 | 17 | 16 | 5  | 0  | 1  | 12 | 17 | 16 |
| 4  | 3  | 2  | 13 | 14 | 15 | 4  | 3  | 2  | 13 | 14 | 15 |
| 9  | 11 | 10 | 8  | 6  | 7  | 9  | 11 | 10 | 8  | 6  | 7  |
| 12 | 17 | 16 | 5  | 0  | 1  | 12 | 17 | 16 | 5  | 0  | 1  |
| 13 | 14 | 15 | 4  | 3  | 2  | 13 | 14 | 15 | 4  | 3  | 2  |
| 8  | 6  | 7  | 9  | 11 | 10 | 8  | 6  | 7  | 9  | 11 | 10 |
| 5  | 0  | 1  | 12 | 17 | 16 | 5  | 0  | 1  | 12 | 17 | 16 |
| 4  | 3  | 2  | 13 | 14 | 15 | 4  | 3  | 2  | 13 | 14 | 15 |
| 9  | 11 | 10 | 8  | 6  | 7  | 9  | 11 | 10 | 8  | 6  | 7  |
| 12 | 17 | 16 | 5  | 0  | 1  | 12 | 17 | 16 | 5  | 0  | 1  |
| 13 | 14 | 15 | 4  | 3  | 2  | 13 | 14 | 15 | 4  | 3  | 2  |

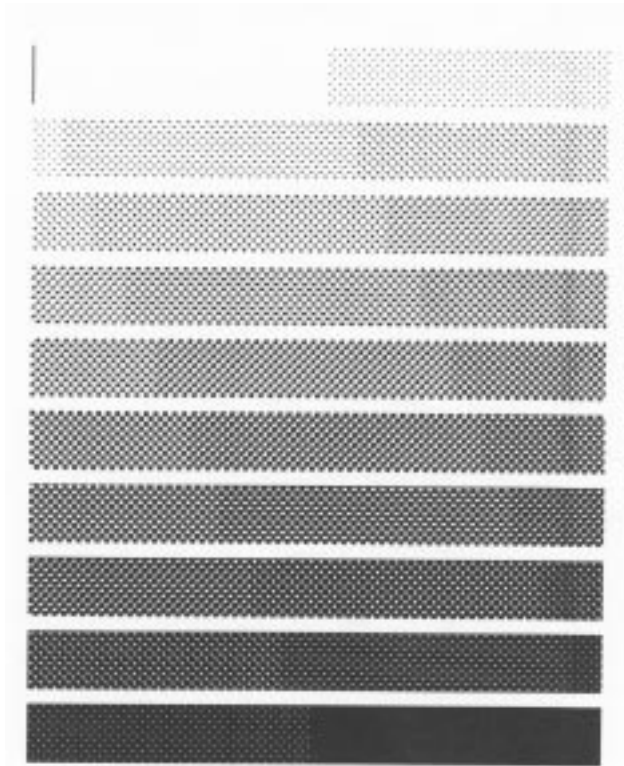


## Dithering

---

- Ordenado com aglomeração de pontos

- Orientação - exemplo 45° (19 níveis)



## Dithering

---

- Ordenado com aglomeração de pontos

- Orientação - exemplo 45° (19 níveis)

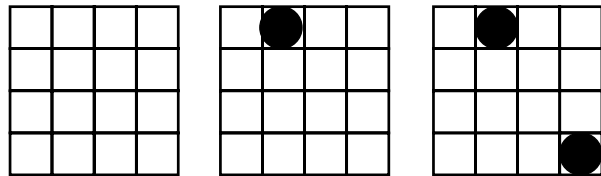


## Dithering

---

- **Ordenado com dispersão de pontos (dispersed-dot ordered dithering)**

- Para dispositivos com boa precisão de posicionamento de pontos (exemplo: monitores de vídeo)
- Dispersão  $\Rightarrow$  pontos isolados  $\Rightarrow$  área não conectada



- Tendência a reduzir formação de padrões

## Dithering

---

- **Ordenado com dispersão de pontos (dispersed-dot ordered dithering)**

- Exemplo (17 níveis)

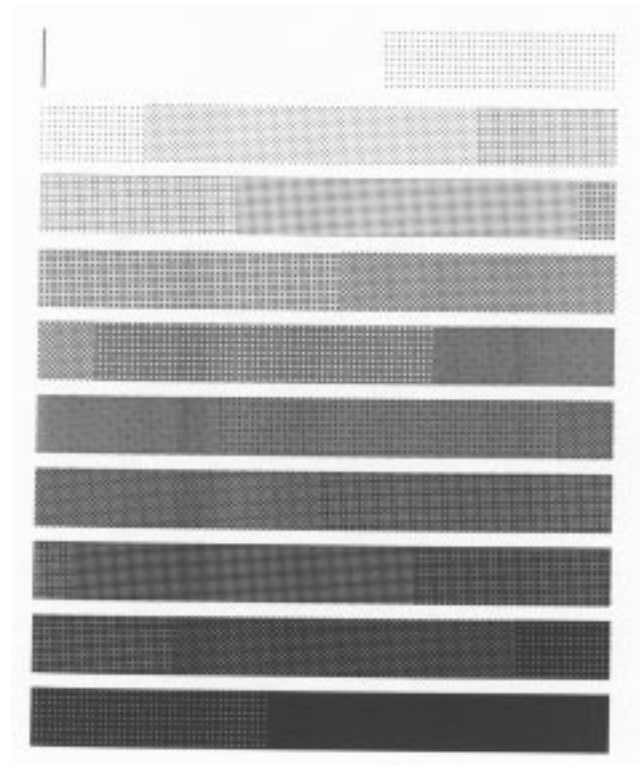
$$\begin{bmatrix} 1 & 15 & 2 & 12 \\ 9 & 5 & 10 & 6 \\ 3 & 13 & 0 & 14 \\ 11 & 7 & 8 & 4 \end{bmatrix}$$

## Dithering

---

- Ordenado com dispersão de pontos (dispersed-dot ordered dithering)

- Exemplo (17 níveis)

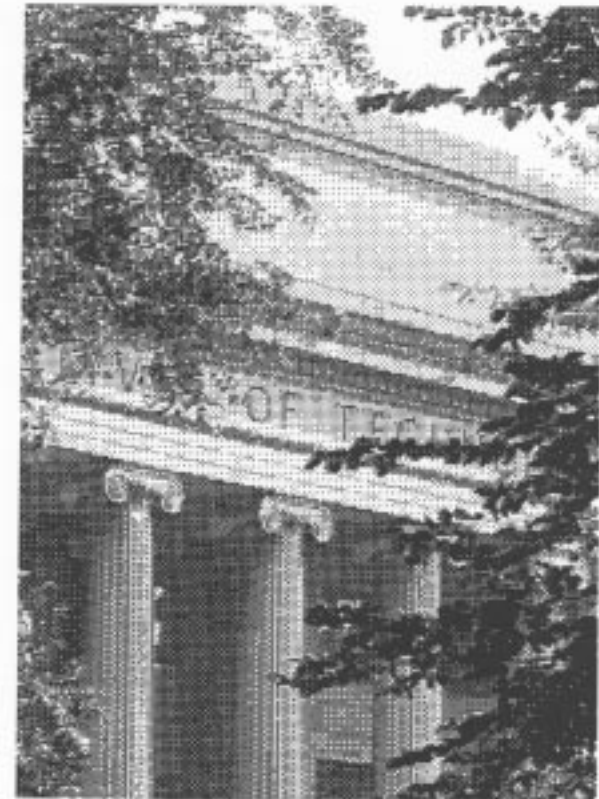


## Dithering

---

- Ordenado com dispersão de pontos (dispersed-dot ordered dithering)

- Exemplo (17 níveis)



## Dithering

---

- **Dithering aperiódico**

- Dithering periódico tem a tendência de produzir padrões periódicos. Dithering aperiódico reduz este efeito (exemplo - modulação aleatória)
- Dithering aperiódico utilizado na prática: Algoritmo de Floyd-Steinberg (difusão do erro - error diffusion).
- Filosofia do algoritmo Floyd-Steinberg - distribuir o erro de quantização de um *pixel* para os *pixels* vizinhos.

## Dithering

---

- **Algoritmo de Floyd-Steinberg**

```
○ threshold = (WHITE + BLACK) / 2;

○ /* esquerda para direita de cima para baixo */
○ for(y = YMAX; y <= YMIN; y--) {
○ for(x = XMIN; x <= XMAX; x++){
○ if(pixel[x][y] < threshold) {
○ error = pixel[x][y] - BLACK;
○ pixel[x][y] = BLACK;
○ }
○ else {
○ error = pixel[x][y] - WHITE;
○ pixel[x][y] = WHITE;
○ }
○ pixel[x+1][y] += (3/8) * error;
○ pixel[x][y-1] += (3/8) * error;
○ pixel[x+1][y-1] = erro / 4;
○ }
○ }
```

- Observação:

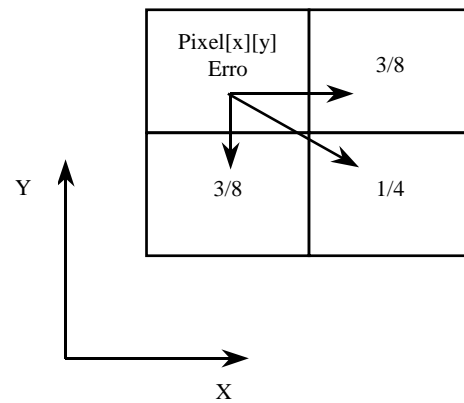
- O erro pode ser negativo ou positivo

## Dithering

---

- Dithering - Floyd-Steinberg

- Algoritmo

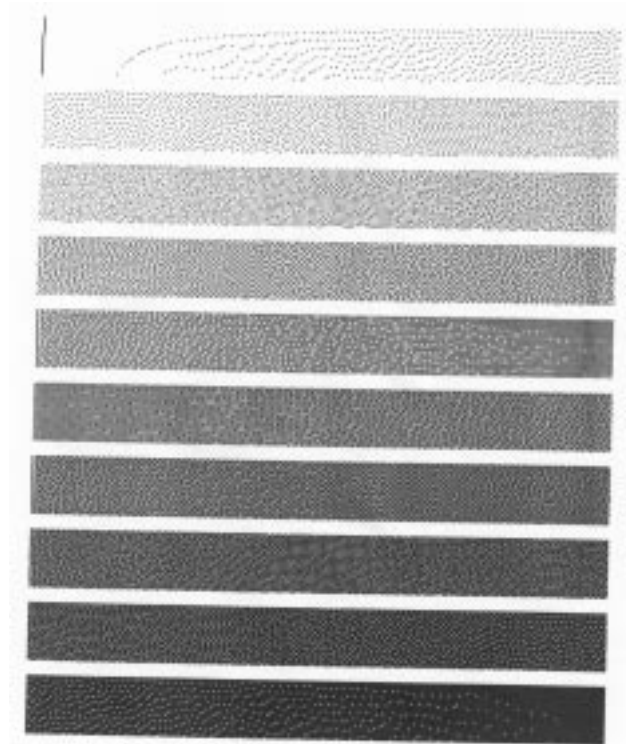


## Dithering

---

- Dithering - Floyd-Steinberg

- Exemplo

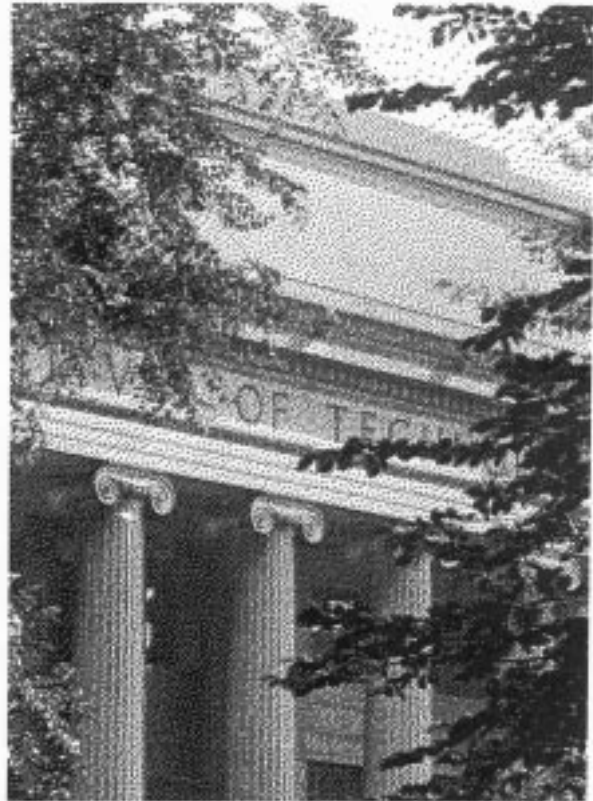


## Dithering

---

- Dithering - Floyd-Steinberg

- Exemplo



## Dithering

---

- Dithering

