

# Image Inpainting

Mauro Luiz Brandão Junior

UNICAMP

24 de Setembro de 2018

# Outline

Introdução

Inpainting usando a equação de calor

Fast inpainting

Aplicações

Conclusão

## O que é

Inpainting é o processo de restaurar partes perdidas ou danificadas de imagens.



(a): Imagem danificada

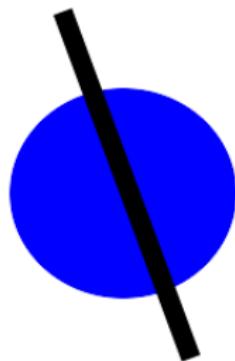


(b): Imagem restaurada

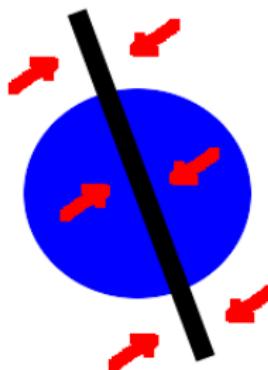
## Motivação

- ▶ Termo foi cunhado por Bertalmío [1] [2] [3] em 2000
- ▶ Equações diferenciais parciais (EDP)
- ▶ Inspirado em técnicas manuais e iterativas de restauração de arte
- ▶ Vários algoritmos foram desenvolvidos consultando restauradores profissionais

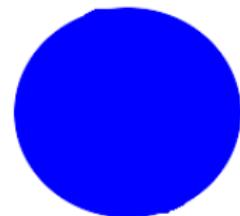
## Restauração de arte



(a): Seleção de máscara (em preto)



(b): Difusão de informação sobre a máscara



(c): Estrutura da imagem restaurada

## Máscaras

Seja  $f$  uma imagem. Uma máscara  $\Omega$  é uma imagem da mesma dimensão de  $f$  cujos pixels são definidos da seguinte forma

$$\Omega(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{se } (x, y) \text{ será restaurado} \\ 0 & \text{se } (x, y) \text{ será mantido} \end{cases} \quad (1)$$

- ▶ Subjetividade na escolha da máscara implica na semiautomaticidade do método (a priori)
- ▶ A antimáscara  $\bar{\Omega}$  é a negação de  $\Omega$

## Inpainting com a Equação de calor

Seja  $f(x, y, t)$  uma função de duas variáveis espaciais  $(x, y)$  e uma variável temporal  $t$ . A equação de calor é a seguinte

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \alpha \nabla^2 f, \quad (2)$$

onde  $\alpha > 0$  e  $\nabla^2$  é o operador laplaciano.

- ▶ Descreve um fenômeno de difusão dentro de uma região  $\Omega$ .
- ▶ No contexto de física,  $f(x, y, t)$  representa a **temperatura** no ponto  $(x, y)$  no instante  $t$ . Aqui representará a **intensidade** do pixel  $(x, y)$  no tempo  $t$ .
- ▶ Nossa imagem não varia no tempo, mas podemos interpretar  $t$  como sendo a iteração  $t$ .

## Inpainting com a Equação de calor

Pela definição de derivada, para um  $h$  pequeno, vale

$$\frac{\partial f}{\partial t} \approx \frac{f(x, y, t + h) - f(x, y, t)}{h} \quad (3)$$

para  $h = 1$ , segue que

$$f(x, y, t + 1) \approx f(x, y, t) + \frac{\partial f}{\partial t}. \quad (4)$$

E definimos

$$f_{t+1}(x, y) \triangleq f_t(x, y) + \alpha \nabla^2 f(x, y) \Omega(x, y), \quad (5)$$

para todo  $(x, y)$ . Onde  $f_0 = f|\bar{\Omega}$ .

# Progressão do método



Imagen  
danificada

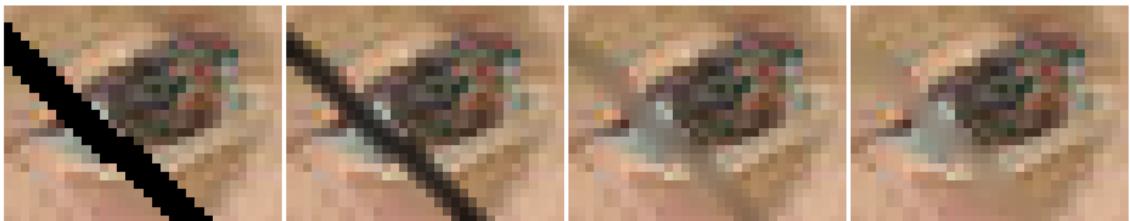
Após 10  
iterações

Após 40  
iterações

Após 80  
iterações

## Difusão isotrópica

- ▶ Cada etapa desse processo é chamado de uma **difusão isotrópica**
- ▶ Isotrópico significa "igual em todas as direções"
- ▶ A difusão isotrópica nada mais é do que um blurring



Ampliação da  
imagem  
danificada

Após 10  
iterações

Após 40  
iterações

Após 80  
iterações

## Fast inpainting

### Teorema

Seja  $G_\sigma$  uma máscara gaussiana de desvio padrão  $\sigma$ . A convolução de uma imagem com  $G_\sigma$  é uma difusão isotrópica.

- ▶ Oliveira [4] sugere um método semelhante ao anterior, baseado na convolução com uma máscara gaussiana

$$f_{t+1}(x, y) \triangleq f_0(x, y) + [(G_\sigma * f_t)(x, y)]\Omega(x, y), \quad (6)$$

Para todo  $(x, y)$ . Onde  $f_0 = f\bar{\Omega}$ .

# Progressão do método



Imagen  
danificada

Após 10  
iterações

Após 20  
iterações

Após 30  
iterações

## Restauração de fotografia



Fotografia danificada



Fotografia restaurada

# Remoção de texto



Imagen danificada em 26.5 % dos índices



Imagen recuperada

## Remoção de rabisco

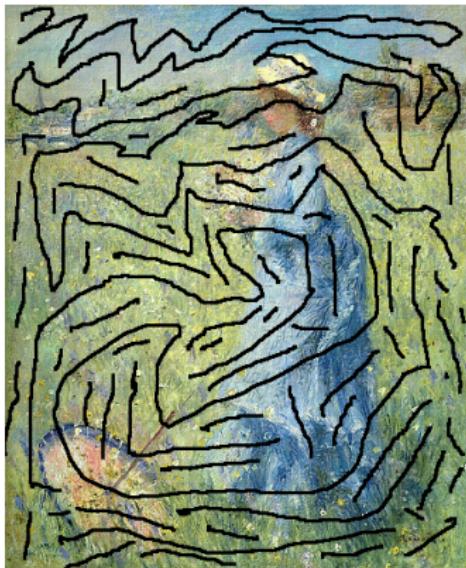


Imagen danificada em 22.7 % dos índices



Imagen recuperada

## Remoção de objeto



Imagen original



Cabo do guarda-sol removido

## Limitações: texturas



Imagen danificada



Método gera uma região sem textura

## Limitações: impossibilidade de criar novos elementos



Rosto danificado



Método gera um borrão

## Jupyter notebook

Disponível em <https://github.com/mlbj/inpainting>

## Outras aplicações

- ▶ Remoção de marca d'água
- ▶ Remoção de pessoas (Joseph Stalin na URSS)
- ▶ Introdução de borrões em regiões específicas (lento)

## Outras técnicas

- ▶ A equação de calor é um caso particular da equação de Navier-Stokes em dinâmica dos fluídos. Essa equação leva a uma técnica de inpainting com difusão anisotrópica [2]
- ▶ Existe uma técnica de inpainting baseada em operações de morfologia [6]
- ▶ o OpenCV possui implementações dos métodos de [2] e [5]
- ▶ Existem técnicas de síntese de textura que podem ser utilizadas para inpainting [9]
- ▶ Métodos de redimensionamento content-aware podem ser utilizados para texture inpainting [7] [8]

# Obrigado

# Bibliografia I

-  M. Bertalmío, G. Sapiro, V. Caselles, and C. Ballester, "Image Inpainting", SIGGRAPH 2000, p. 417-424, 2000
-  M. Bertalmío, A. L. Bertozzi, G. Sapiro, "Navier-Stokes, Fluid Dynamics, and Image and Video Inpainting", Proceedings of the International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition , IEEE, Dec. 2001, Kauai, HI, volume I, pp. I-355-I362
-  M. Bertalmío, V. Caselles, S. Masnou, G. Sapiro, "Inpainting". Unpublished
-  M. Oliveira, B. Bowen, R. McKenna, Yu-Sung Chang, "Fast Digital Image Inpainting", Proceedings of the International Conference on Visualization, Imaging and Image Processing (VIIP 2001), Marbella, Spain, September 3-5, 2001
-  A. Telea, "An Image Inpainting Technique Based on the Fast Marching Method". journal of graphics tools, vol. 9, no. 1: 25—36, 2003
-  N. Jawas, N. Suciati, "Image Inpainting using Erosion and Dilation Operation", International Journal of Advanced Science and Technology Vol. 51, February, 2013

## Bibliografia II

-  V. Setlur, S. Takagi, R. Raskar, M. Gleicher, B. Gooch, "Automatic image retargeting", SIGGRAPH 2004, Ronen Barzel, ACM, New York, USA, 2004
-  S. Avidan, A. Shamir, "Seam carving for content-aware image resizing", ACM Trans. Graph., vol. 26, no. 3, article 10, July, 2007
-  A. Efros, T. Leung, "Texture Synthesis by Non-parametric Sampling", IEEE International Conference on Computer Vision, Corfu, Greece, September, 1999