



# Aplicações de técnicas atuais em reconstrução 3D fotogramétrica

Pedro Felipe Pena Barata

Instituto Politécnico do Rio De Janeiro (IPRJ)  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

27 de Novembro de 2017



- 1 Introdução
- 2 Reconstrução a laser
- 3 *Structure from Motion*
- 4 Kinect
- 5 Experimentos
- 6 Conclusão
- 7 Trabalhos futuros



# 1 Introdução

- Objetivos

## 2 Reconstrução a laser

## 3 *Structure from Motion*

## 4 Kinect

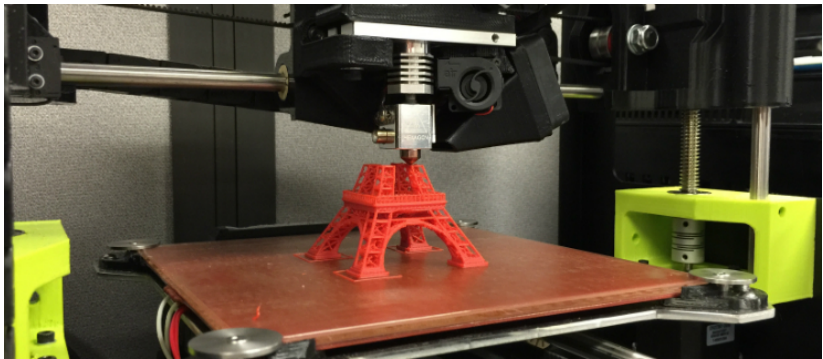
## 5 Experimentos

## 6 Conclusão

## 7 Trabalhos futuros



A reconstrução 3D de cenas gerais a partir de múltiplos pontos de vista, usando-se câmeras convencionais, sem aquisição controlada, é um dos grandes objetivos de pesquisa em visão computacional, ambicioso até mesmo para os dias de hoje.



**Figura:** Impressora 3D

Fonte: <http://publicidademarketing.com/impressora-3d/>



O objetivo deste trabalho é, por meio de técnicas fotogramétricas, preservar o patrimônio cultural do Jardim do Nêgo, localizado na estrada Teresópolis-Friburgo, Rio de Janeiro. Na qual algumas esculturas passaram por um processo de erosão por conta da tragédia de 2011.

## Introdução

Reconstrução a laser  
Structure from Motion  
Kinect  
Experimentos  
Conclusão  
Trabalhos futuros

## Objetivos







## Introdução

Reconstrução a laser  
Structure from Motion  
Kinect  
Experimentos  
Conclusão  
Trabalhos futuros

## Objetivos





Perguntas a serem respondidas ao longo deste projeto:

- 1 Que nível de detalhe, facilidade e precisão pode-se obter usando apenas imagens e softwares abertos?
- 2 É possível utilizar scanners de baixo custo baseados em Kinect com melhorias significativas em termos de qualidade, conveniência ou tempo de processamento?
- 3 Quais são as restrições desses sistemas?



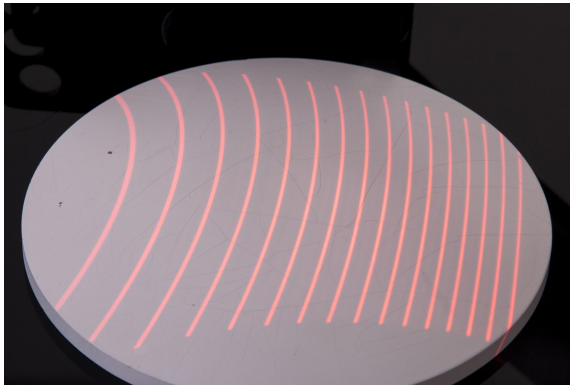
- 1 Introdução
- 2 Reconstrução a laser
  - Esculturas de Michelangelo
- 3 *Structure from Motion*
- 4 Kinect
- 5 Experimentos
- 6 Conclusão
- 7 Trabalhos futuros



O método de reconstrução 3D baseado em *lasers* é um **método ótico ativo**, amplamente utilizado, pois oferece uma alta qualidade geométrica de dados, os resultados são em tempo real e requer pouco tempo de captura de dados. Neste caso, abordaremos o projeto de escaneamento da escultura de Michelangelo, David, que utiliza escaneadores baseados em superfícies, mais especificamente, utilizando *Time of Flight*, ou tempo de voo.



*Time of Flight* é uma técnica de escaneamento baseado em um projetor de padrões (muitas vezes, grades ou barras horizontais, via *laser*) em uma cena a ser reconstruída. A forma de como o padrão se deforma quando atinge superfícies permite que sistemas de visão calculem a profundidade e informações das superfícies dos objetos na cena.



**Figura:** Exemplo de um projetor de padrões de ToF à laser.

Fonte: <http://www.opto-engineering.com/>

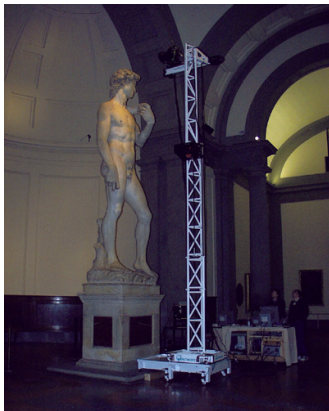


Uma motivação para este trabalho é o projeto da Universidade de Stanford, onde um grupo constituído por mais de 30 professores, funcionários e estudantes, este projeto tem como objetivo preservar as esculturas de Michelangelo, na Itália.



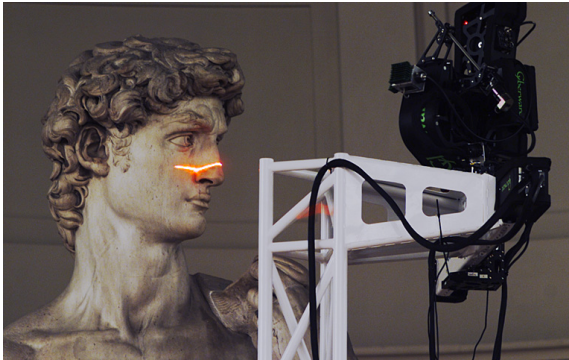
Para isso, este grupo contou com sensores de alcance (*range finders*) para triangulação, sensores de alcance baseados em *Time of Flight*, câmeras digitais e um software de calibração.





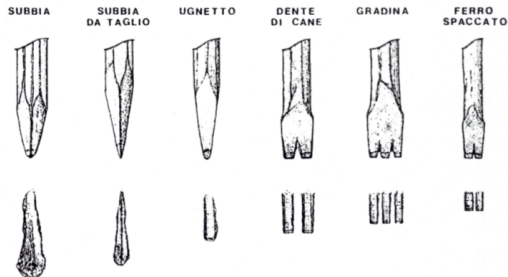
**Figura:** Scanners utilizados no projeto de reconstrução de David.

Fonte: <http://graphics.stanford.edu/projects/mich/>



**Figura:** Como foi escaneada a cabeça da escultura.

Fonte: <http://graphics.stanford.edu/projects/mich/>



**Figura:** Exemplos de cinzelões usados por Michelangelo

Fonte: <http://graphics.stanford.edu/projects/mich/>



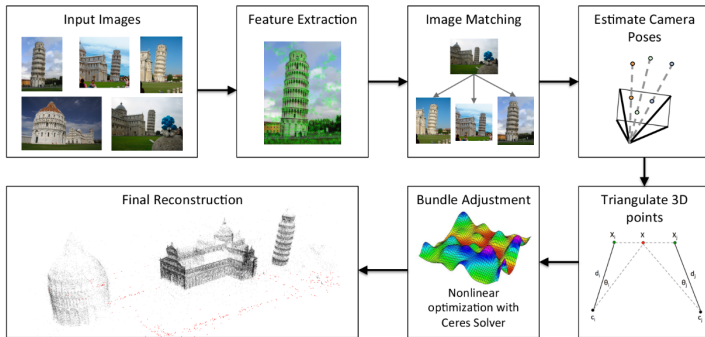
- 1 Introdução
- 2 Reconstrução a laser
- 3 *Structure from Motion*
  - MVE – *Multi-View Stereo Environment*
  - VisualSfM
- 4 Kinect
- 5 Experimentos
- 6 Conclusão
- 7 Trabalhos futuros



**Structure from motion – SfM** é uma técnica fotogramétrica estéreo multiocular passiva, baseada em estimar a posição de estruturas tridimensionais a partir de sequências de imagens em duas dimensões.



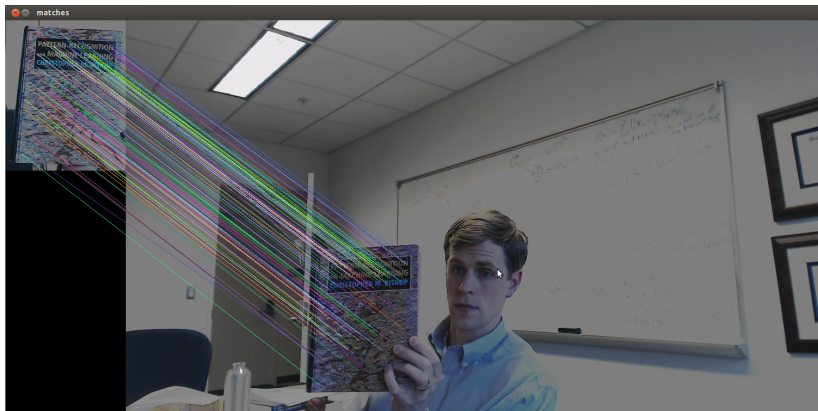
- 1 Obtenção de imagens;
- 2 Processamento dos parâmetros de câmera para cada imagem;
- 3 Reconstrução da geometria 3D de uma cena com um conjunto de imagens e seus parâmetros correspondentes.



**Figura:** Processo do SfM

Fonte: <http://www.theia-sfm.org/sfm.html>

## SIFT – Scale Invariant Feature Transform



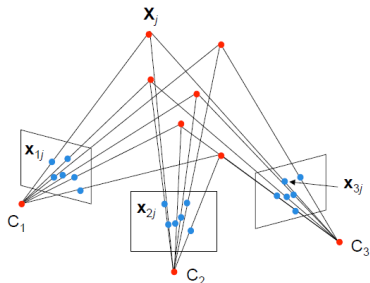
**Figura:** Exemplo de interpretação SIFT.

Fonte: <https://www.usna.edu/Users/cs/taylor/courses/si475/index.php?page=class/siftProject.html>





## Triangulação



**Figura:** Uma triangulação utilizando um ponto qualquer,  $X_j$ . Onde cada câmera  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  possui um *feature* correspondente a cada uma delas, respectivamente,  $X_{1j}$ ,  $X_{2j}$ ,  $X_{3j}$ .

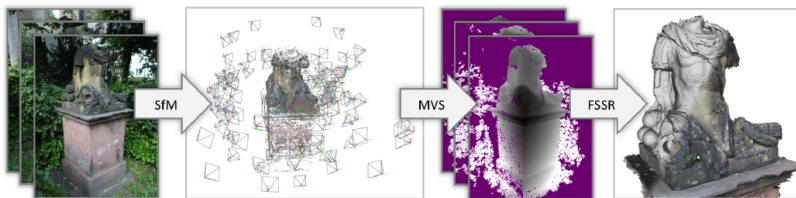
Fonte: [http://cs.nyu.edu/fergus/teaching/vision/11\\_12\\_multiview.pdf](http://cs.nyu.edu/fergus/teaching/vision/11_12_multiview.pdf)



## MVE – Multi-View Stereo Environment

- Reconstrução multi-escala
- Possui interface gráfica
- Baseado em mapas de profundidade
- Implementa um algoritmo de reconstrução de superfícies

## MVE – Multi-View Stereo Environment



**Figura:** Processo empregado pelo MVE.

Fonte: <https://www.gcc.tu-darmstadt.de/media/gcc/papers/Fuhrmann-2014-MVE.pdf>



## MVS

- Uma estrutura regional-crescente que tem uma fila de candidatos correspondentes,  $Q$ , ordenada pelas localizações dos pixels na câmera acrescido de seus valores para profundidade e normais;
- Um sistema de correspondências que leva um candidato correspondente como entrada e calcula profundidade, normal e uma confiança de correspondência usando vistas vizinhas fornecidas pela seleção de exibição local.

## MVS



**Figura:** Mapa de profundidade de uma imagem.

Fonte: <https://www.gcc.tu-darmstadt.de/media/gcc/papers/Fuhrmann-2014-MVE.pdf>



## FSSR

Usa como entrada a união de todos os vértices dos mapas de profundidade  $E$ , a partir desses parâmetros ele calcula a representação volumétrica do MVS.



## VisualSfM

- Palavra-chave: Escalabilidade
- Possui interface gráfica
- Baseado em mapas de profundidade
- Implementa um algoritmo de reconstrução de superfícies



## PBA/MCBA

Para ponto de nuvens, usa-se o PBA ...





## CMVS/PMVS-2

Para reconstrução densa usa-se o CMVS..



- 1 Introdução
- 2 Reconstrução a laser
- 3 *Structure from Motion*
- 4 Kinect**
  - Kinect com *Structure from Motion*
- 5 Experimentos
- 6 Conclusão
- 7 Trabalhos futuros



Uma ferramenta interessante para a combinação com técnicas SfM, usando ToF é o Kinect...



Texto texto texto texto texto texto texto texto texto texto  
texto texto texto texto texto.



1 Introdução

2 Reconstrução a laser

3 *Structure from Motion*

4 Kinect

**5 Experimentos**

- Escultura do Jardim do Nêgo
- Objeto em ambiente fechado

6 Conclusão

7 Trabalhos futuros



Nossos experimentos se baseiam no uso dos programas (VisualSfM e MVE), com o seguinte procedimento:

Introdução  
Reconstrução a laser  
Structure from Motion  
Kinect  
**Experimentos**  
Conclusão  
Trabalhos futuros

Escultura do Jardim do Nêgo  
Objeto em ambiente fechado





Com esse processo, filmamos duas esculturas do jardim do Nego, e um objeto em um ambiente fechado.





Assistir o video do jardim do Nêgo



## Escultura com VisualSfM

Para a escultura do Jardim com o VisualSfM, obtivemos os seguintes resultados

TABELA VISUALSFM INDIO



## Escultura com VisualSfM

FOTO INDIO ESPARSA



## Escultura com VisualSfM

FOTO INDIO DENSOI



Assistir o primeiro video do jardim do Nêgo



Assistir o segundo video do jardim do Nêgo



## Escultura com MVE

Para a escultura do Jardim com o VisualSfM, obtivemos os seguintes resultados

TABELA MVE SAPO



## Escultura com MVE

FOTOS SAPO AQUI



Assistir o primeiro video em ambiente fechado



Assistir o segundo video em ambiente fechado



Para o objeto, temos os seguintes resultados:



## Objeto com VisualSfM

Com o VisualSfM, fizemos os seguintes processos....



## Objeto com MVE

Com o MVE, fizemos os seguintes processos....

- 1 Introdução
- 2 Reconstrução a laser
- 3 *Structure from Motion*
- 4 Kinect
- 5 Experimentos
- 6 Conclusão**
- 7 Trabalhos futuros

Constatamos, que através de métodos *Structure from Motion* combinados com programas de código livre e gratuitos, é possível, a partir de uma câmara comum de celular, conseguirmos reconstruções 3D qualitativamente satisfatórias.

- 1 Introdução
- 2 Reconstrução a laser
- 3 *Structure from Motion*
- 4 Kinect
- 5 Experimentos
- 6 Conclusão
- 7 Trabalhos futuros**



- 1 Realizar uma varredura com o Kinect.
- 2 Validação adicional.
- 3 Constatar na prática, o melhor método de varredura da escultura.
- 4 Concretizar o objetivo proposto neste trabalho.

**Obrigado!**  
**Perguntas?**