



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



Introdução

Reconstrução a laser
Structure from Motion
Kinect
Experimentos
Conclusão
Trabalhos futuros

Objetivos

1 Introdução

- Objetivos

2 Reconstrução a laser

3 Structure from Motion

4 Kinect

5 Experimentos

6 Conclusão

7 Trabalhos futuros



Introdução

- Reconstrução a laser
- Structure from Motion
- Kinect
- Experimentos
- Conclusão
- Trabalhos futuros

Objetivos

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.

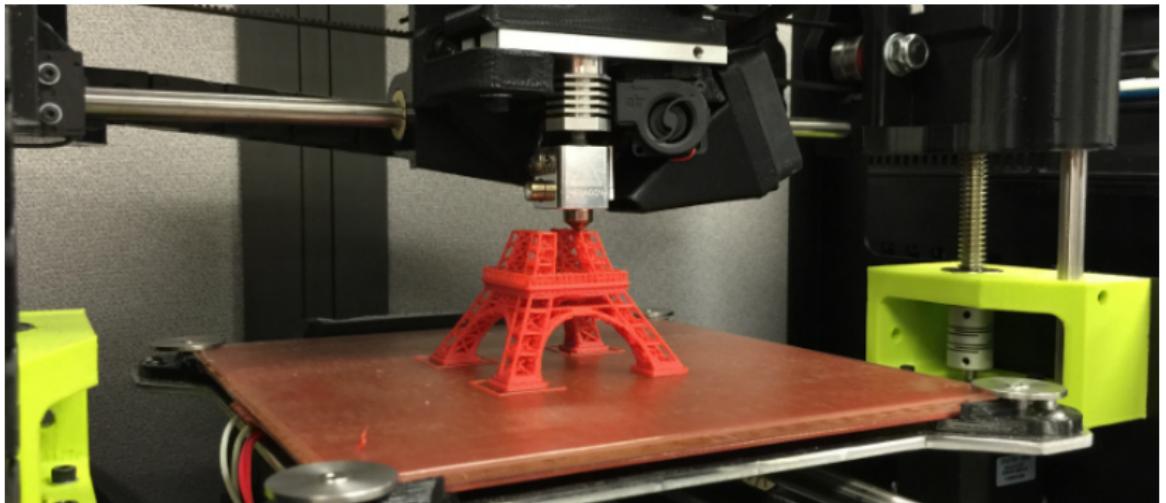


Figura: Impressora 3D

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.







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 óptico 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.

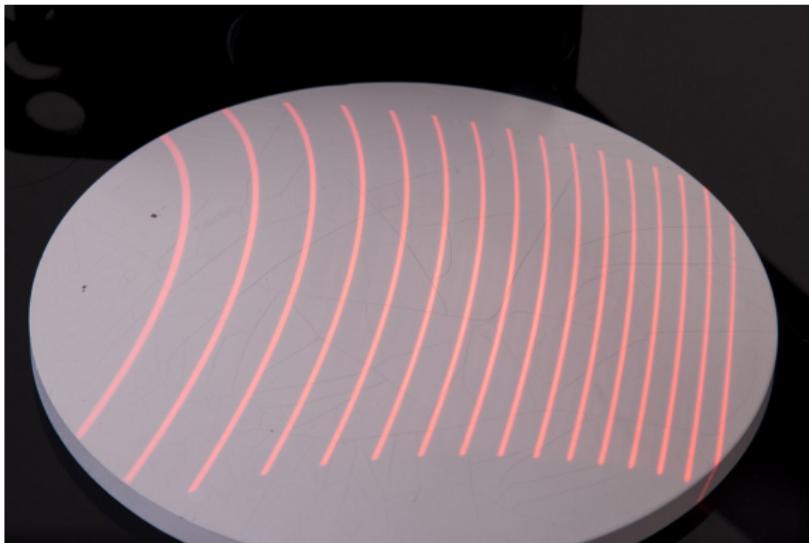


Figura: Exemplo de um projetor de padrões de ToF à laser.
Fonte: <http://www.opto-engineering.com/>



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.

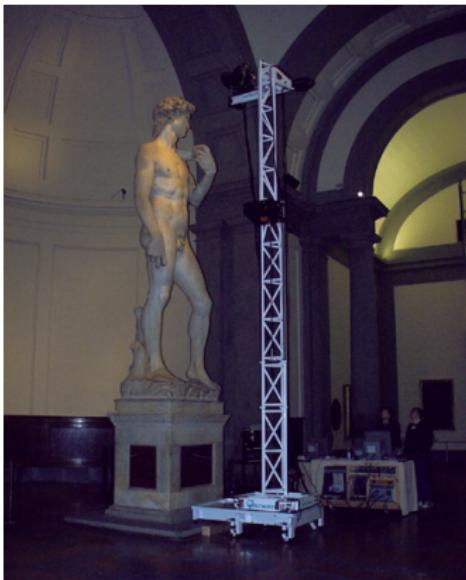


Figura: Scanners utilizados no projeto de reconstrução de David.
Fonte: <http://graphics.stanford.edu/projects/mich/>

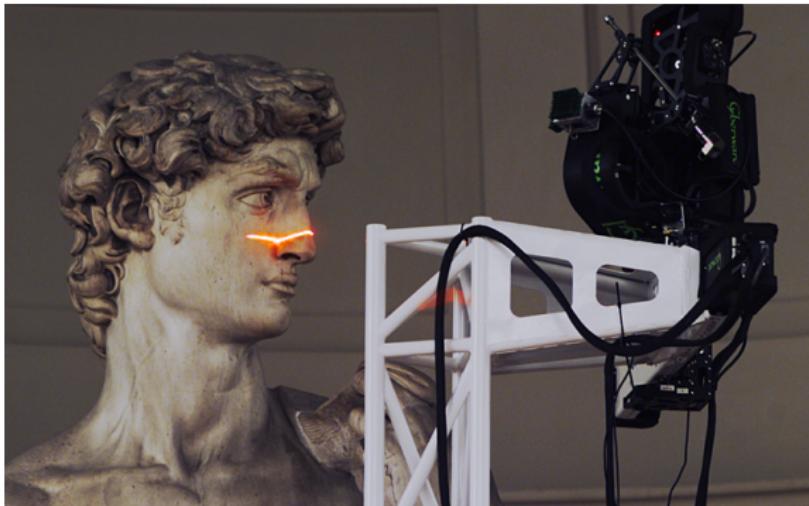


Figura: Como foi escaneada a cabeça da escultura.

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

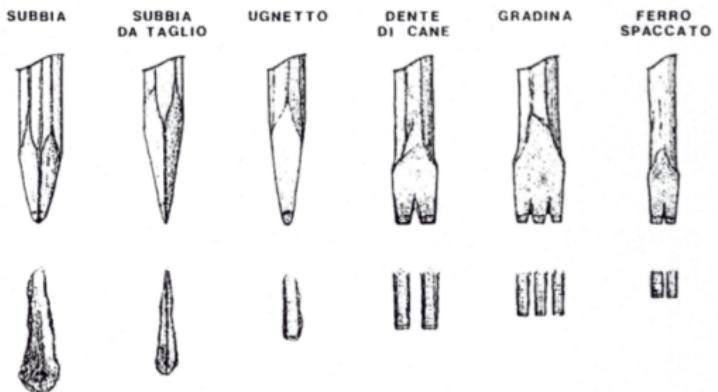


Figura: Exemplos de cinzelões usados por Michelangelo
Fonte: <http://graphics.stanford.edu/projects/mich/>



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 sequencias 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.

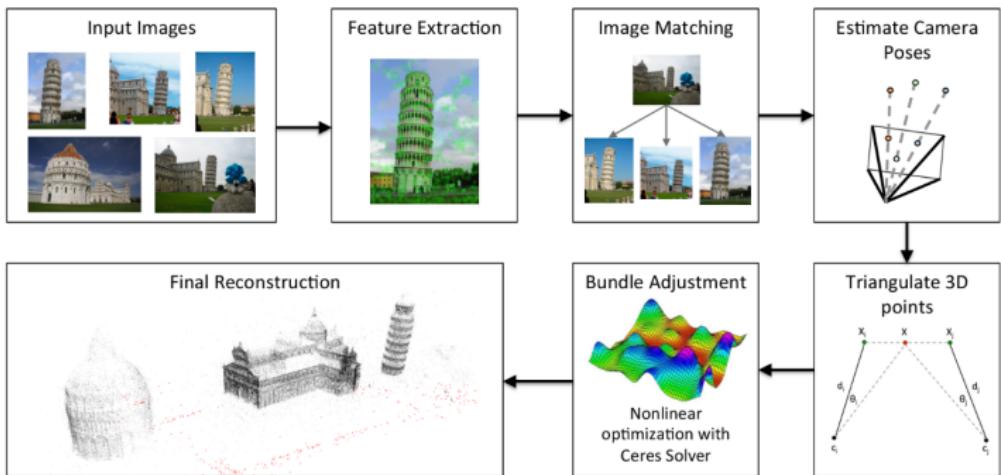


Figura: Processo do SfM

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

SIFT – Scale Invariant Feature Transform

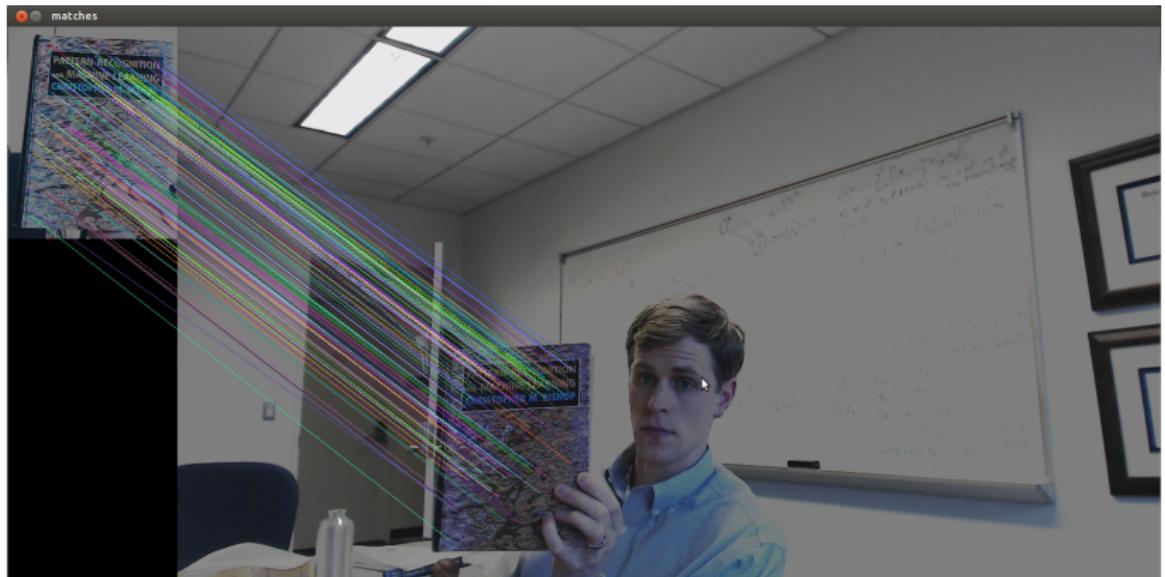


Figura: Exemplo de interpretação SIFT.

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

Triangulação

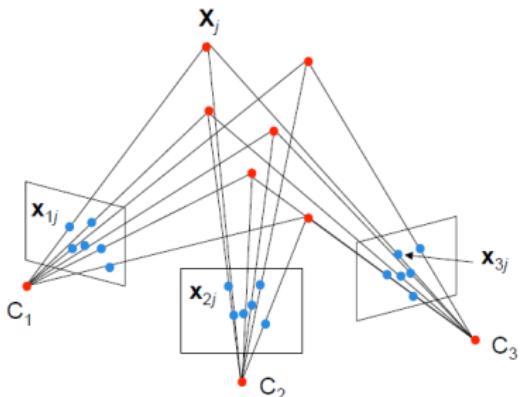


Figura: Uma triangulação utilizando um ponto qualquer, X_j . Onde cada câmera C_1, C_2, C_3 possui um *feature* correspondente a cada uma delas, respectivamente, X_{1j}, X_{2j}, X_{3j} .

Fonte: http://cs.nyu.edu/~fergus/teaching/vision/11_12_multiview.pdf



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

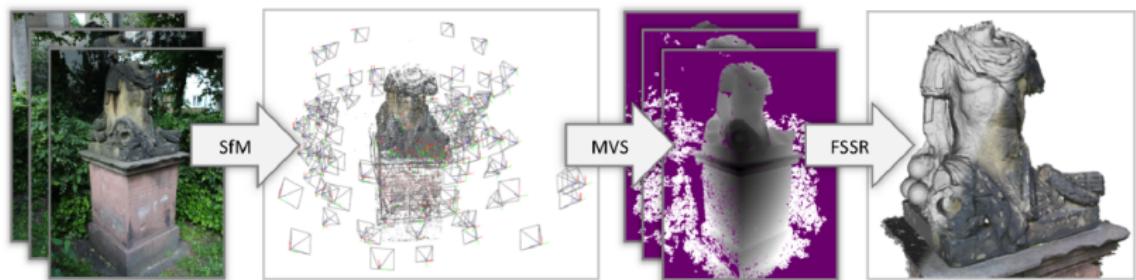


Figura: Processo empregado pelo MVE.

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 – Floating Scale Surface Reconstruction

Usa como entrada a união de todos os vértices dos mapas de profundidade.

A partir desses parâmetros ele calcula a representação volumétrica do passo anterior (MVS).

FSSR – Floating Scale Surface Reconstruction

- Utiliza uma função implícita e com escala contínua (flutuante);
- O FSSR não necessita de muitos parâmetros na sua abordagem abordagem;
- A função implícita consegue validar rapidamente os parâmetros de entrada;
- Escalável e não requer nenhuma operação global (cortes ou resolução de grandes sistemas de equações).



VisualSfM

- Palavra-chave: Escalabilidade
- Possui interface gráfica
- Utiliza programação paralela em CPU e GPU
- Bom gerenciamento dos recursos computacionais

PBA/MCBA

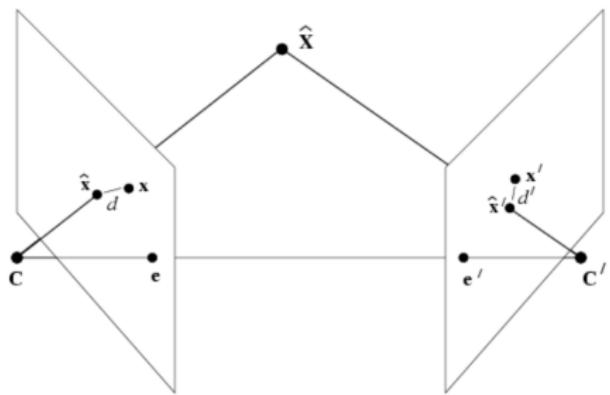


Figura: Exemplo do problema de *Bundle Adjustment*.

Fonte: <http://av.dfki.de/members/stricker/>



PBA/MCBA

- Utiliza Levenberg Mardquardt na resolução do *Bundle Adjustment*.
- Multi-núcleos

CMVS/PMVS-2

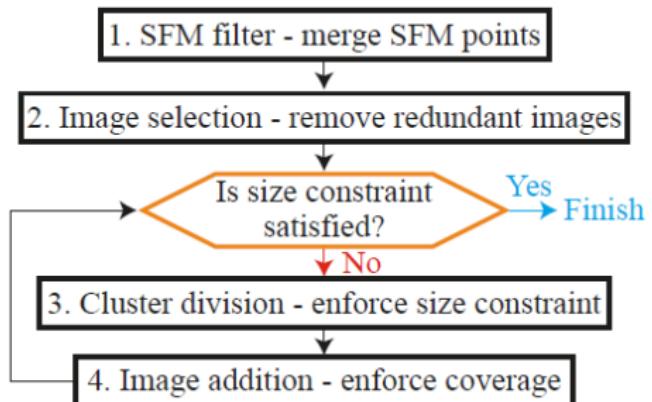


Figura: Processo do algoritmo CMVS.

Fonte: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5539802/>



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



- Baseado em luz estruturada
- Baseado em *Time of Flight*



Figura: Kinect V1 aberto, constituído de uma câmera infra-vermelho (IR - *Infra-Red*), uma câmera RGB e um projetor IR. Fonte: <http://cmp.felk.cvut.cz/ftp/articles/pajdla/Smisek-CDC4CV-2011.pdf>



Figura: Kinect V2.

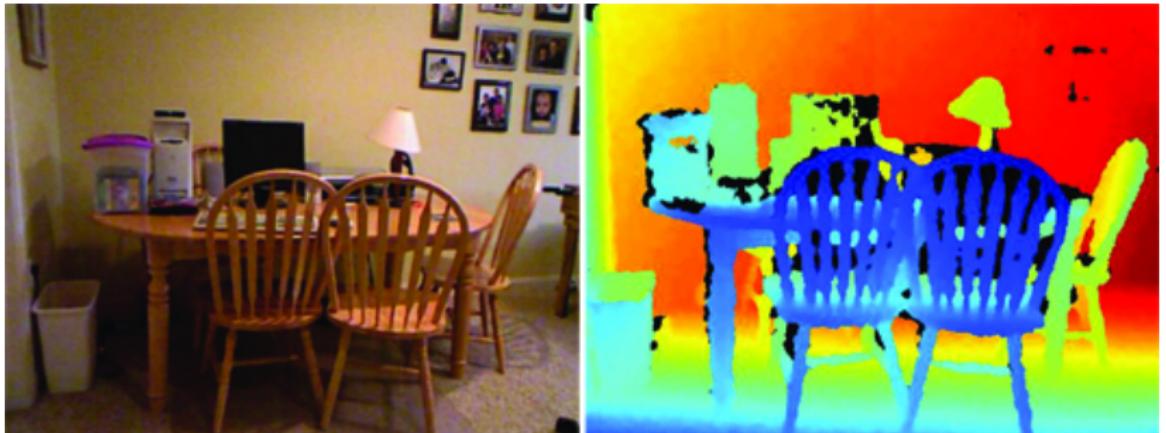


Figura: Saída de uma imagem interpretada pelo Kinect.

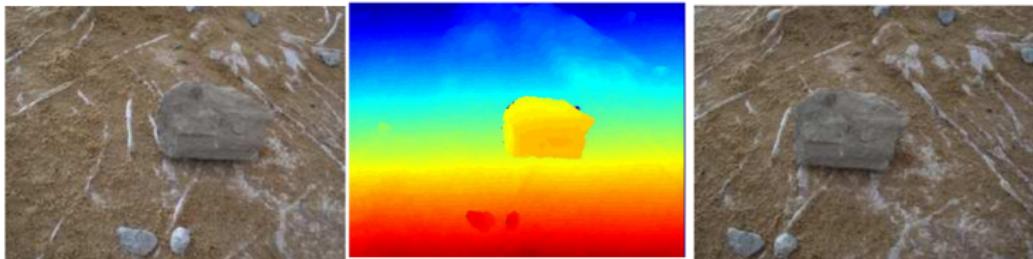


(a) Imagem IR (b) Imagem IR (c) Pontos de (d) Pontos de
iluminada pelo com iluminação calibração calibração
projetor de externa reproduzidos na reproduzidos na
padrões IR imagem RGB imagem de
profundidade

Figura: Método de calibração do Kinect, em imagens IR, RGB e de profundidade. Fonte: <http://cmp.felk.cvut.cz/ftp/articles/pajdla/Smisek-CDC4CV-2011.pdf>

Tabela: Resultados dos testes executados

Método	Erro geométrico e [mm]		
	$\mu(e)$	$\sigma(e)$	$\max(e)$
SLR Stereo	1,57	1,15	7,38
Kinect	2,39	1,67	8,64
SR-4000	27,62	18,20	133,85



(a) Imagem do lado esquerdo da câmera SLR

(b) Imagem da profundidade do Kinect

(c) Imagem do lado direito da câmera SLR

Figura: Imagens iniciais para reconstrução 3D.

Fonte: <http://cmp.felk.cvut.cz/ftp/articles/pajdla/Smisek-CDC4CV-2011.pdf>

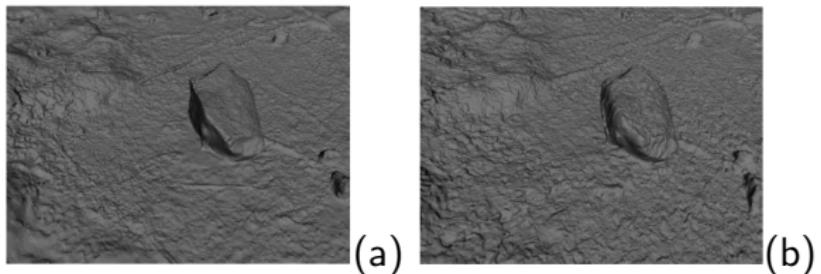


Figura: Resultados da reconstrução SfM, onde (a) é a reconstrução do SLR e (b) o resultado do Kinect.

Fonte: <http://cmp.felk.cvut.cz/ftp/articles/pajdla/Smisek-CDC4CV-2011.pdf>



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.



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

Escultura do Jardim do Nêgo
Objeto em 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



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

Escultura do Jardim do Nêgo
Objeto em ambiente fechado

Escultura com VisualSfM

FOTO INDIO ESPARSA



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

Escultura do Jardim do Nêgo
Objeto em ambiente fechado

Escultura com VisualSfM

FOTO INDIO DENSOI



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

Escultura do Jardim do Nêgo
Objeto em ambiente fechado

Assistir o primeiro video do jardim do Nêgo



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

Escultura do Jardim do Nêgo
Objeto em ambiente fechado

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



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

Escultura do Jardim do Nêgo
Objeto em ambiente fechado

Escultura com MVE

FOTOS SAPO AQUI



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

Escultura do Jardim do Nêgo
Objeto em ambiente fechado

Assistir o primeiro video em ambiente fechado



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

Escultura do Jardim do Nêgo
Objeto em ambiente fechado

Assistir o segundo video em ambiente fechado



Para o objeto, temos os seguintes resultados:



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

Escultura do Jardim do Nêgo
Objeto em ambiente fechado

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 câmera comum de celular, obtermos 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?**