

Paola Tatiana Llerena Valdivia
Orientador: Prof. Dr. Luis Gustavo Nonato

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação
USP - São Carlos

Correção de Normais para Filtragem de Nuvens de Pontos



Introdução

- Suavização em Malhas

- Suavização em Duas Etapas de Malhas

- Suavização em Duas Etapas de Nuvens de Pontos

Suavização de Nuvens de Pontos

- Técnicas de Projeção

- Técnicas Baseadas na Norma l_1

Filtragem de Nuvens de Pontos

- Estimativa de Normais

- Correção de Normais

- Filtragem da Superfície

Resultados

- Experimentos

- Métricas

- Comparações com Outras Técnicas

Conclusões

Introdução

- Suavização em Malhas

- Suavização em Duas Etapas de Malhas

- Suavização em Duas Etapas de Nuvens de Pontos

Suavização de Nuvens de Pontos

- Técnicas de Projeção

- Técnicas Baseadas na Norma l_1

Filtragem de Nuvens de Pontos

- Estimativa de Normais

- Correção de Normais

- Filtragem da Superfície

Resultados

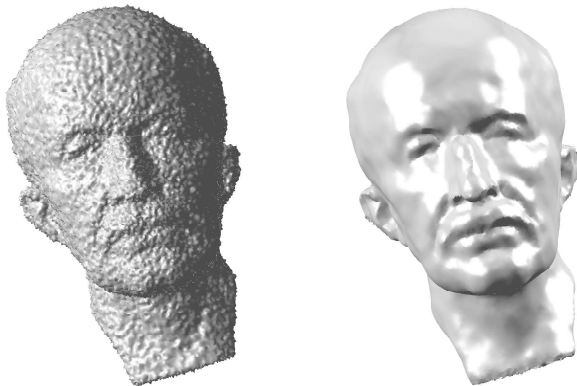
- Experimentos

- Métricas

- Comparações com Outras Técnicas

Conclusões

Suavização de Superfícies



Introdução

Suavização em Malhas

Suavização em Duas Etapas de Malhas

Suavização em Duas Etapas de Nuvens de Pontos

Suavização de Nuvens de Pontos

Técnicas de Projeção

Técnicas Baseadas na Norma l_1

Filtragem de Nuvens de Pontos

Estimativa de Normais

Correção de Normais

Filtragem da Superfície

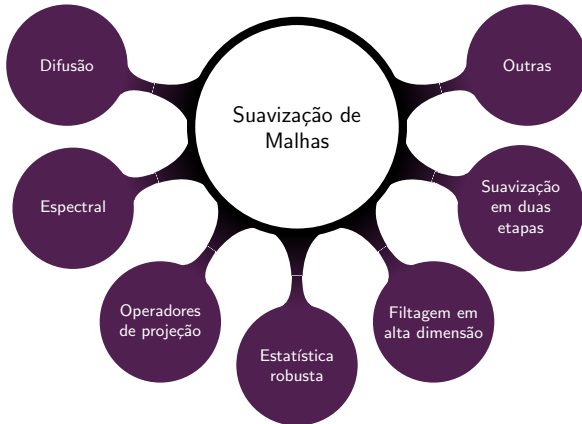
Resultados

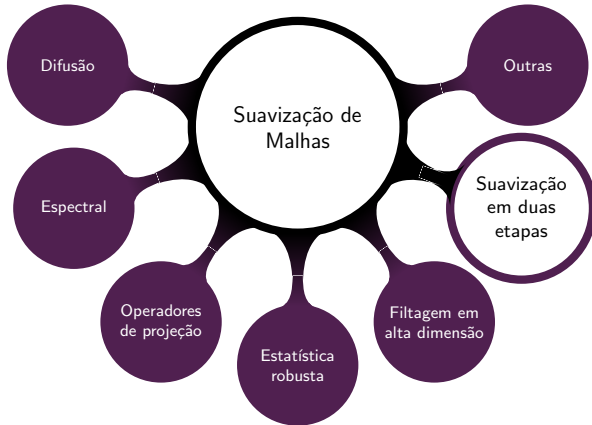
Experimentos

Métricas

Comparações com Outras Técnicas

Conclusões





Introdução

Suavização em Malhas

Suavização em Duas Etapas de Malhas

Suavização em Duas Etapas de Nuvens de Pontos

Suavização de Nuvens de Pontos

Técnicas de Projeção

Técnicas Baseadas na Norma l_1

Filtragem de Nuvens de Pontos

Estimativa de Normais

Correção de Normais

Filtragem da Superfície

Resultados

Experimentos

Métricas

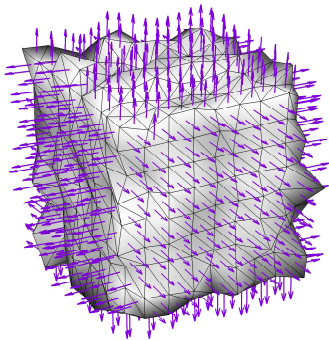
Comparações com Outras Técnicas

Conclusões

Suavização em Duas Etapas

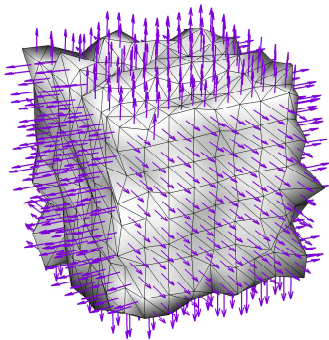
Correção de Normais

Suavização em Duas Etapas



Correção de Normais

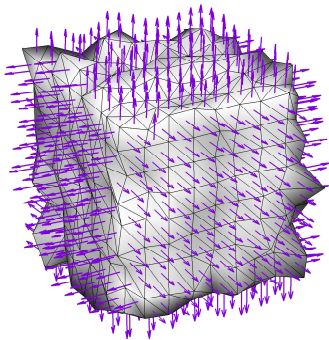
Suavização em Duas Etapas



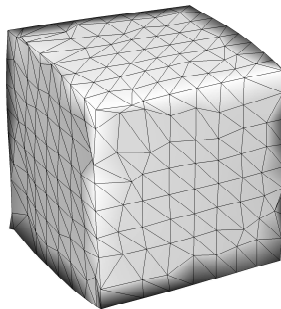
Correção de Normais

Filtragem da Superfície

Suavização em Duas Etapas



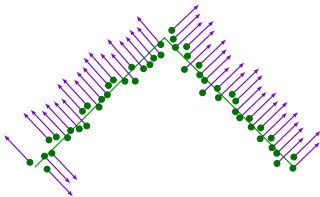
Correção de Normais



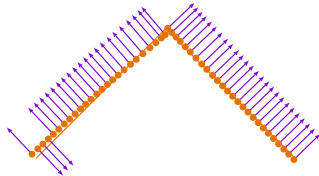
Filtragem da Superfície

Duas Etapas em Nuvens de Pontos?

Correção de Normais



Filtragem da Superfície



Duas Etapas em Nuvens de Pontos?

Normal em malhas:

Duas Etapas em Nuvens de Pontos?

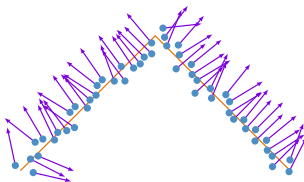
Normal em malhas: normal definida por cada face

Duas Etapas em Nuvens de Pontos?

Estimativa de Normais

Normal em nuvens de pontos:
normal definida por cada ponto

- ▶ Não é direto
- ▶ Estimativas são necessárias
- ▶ Qual estimativa é a melhor?

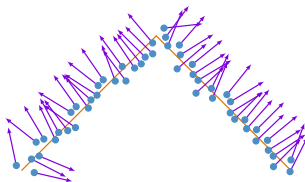


Duas Etapas em Nuvens de Pontos?

Normal em nuvens de pontos:
normal definida por cada ponto

- ▶ Não é direto
- ▶ Estimativas são necessárias
- ▶ Qual estimativa é a melhor?

Estimativa de Normais



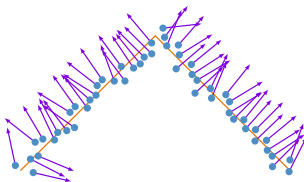
MLS

Duas Etapas em Nuvens de Pontos?

Normal em nuvens de pontos:
normal definida por cada ponto

- ▶ Não é direto
- ▶ Estimativas são necessárias
- ▶ Qual estimativa é a melhor?

Estimativa de Normais



MLS

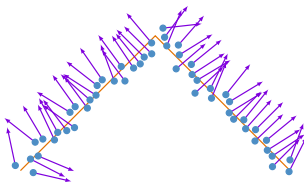
RHT

Duas Etapas em Nuvens de Pontos?

Normal em nuvens de pontos:
normal definida por cada ponto

- ▶ Não é direto
- ▶ Estimativas são necessárias
- ▶ Qual estimativa é a melhor?

Estimativa de Normais



MLS

RHT

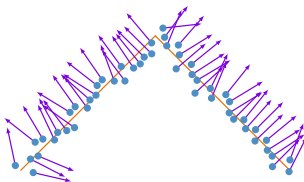
Voronoi

Duas Etapas em Nuvens de Pontos?

Normal em nuvens de pontos:
normal definida por cada ponto

- ▶ Não é direto
- ▶ Estimativas são necessárias
- ▶ Qual estimativa é a melhor?

Estimativa de Normais



MLS

RHT

Voronoi

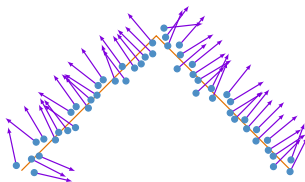
Kernel de Densidade

Duas Etapas em Nuvens de Pontos?

Normal em nuvens de pontos:
normal definida por cada ponto

- ▶ Não é direto
- ▶ Estimativas são necessárias
- ▶ Qual estimativa é a melhor?

Estimativa de Normais



MLS

PCA

WPCA

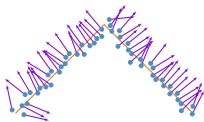
RHT

Voronoi

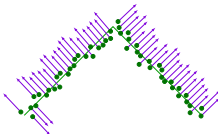
Kernel de Densidade

Duas Etapas em Nuvens de Pontos?

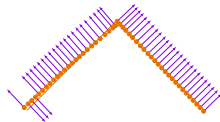
Estimativa
de Normais



Correção
de Normais

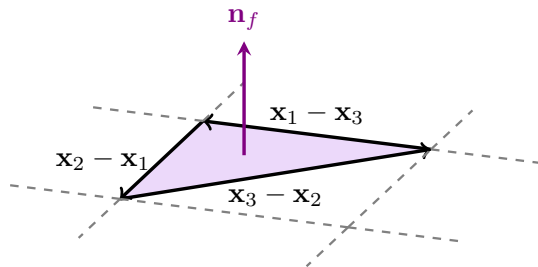


Filtragem
da Superfície



Duas Etapas em Nuvens de Pontos?

Atualização de vértices em malhas: ortogonalidade entre a normal e as arestas de cada face.



$$\begin{cases} \mathbf{n}_f \cdot (\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j) = 0 \\ \mathbf{n}_f \cdot (\mathbf{x}_k - \mathbf{x}_j) = 0 \\ \mathbf{n}_f \cdot (\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_k) = 0 \end{cases}$$

$$\forall f = (i, j, k)$$

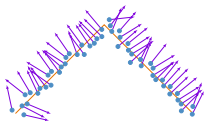
Duas Etapas em Nuvens de Pontos?

Atualização de pontos em nuvens de pontos?

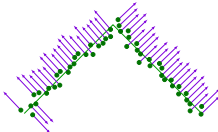
Principal

Investigar uma metodologia de duas etapas para filtrar nuvens de pontos.

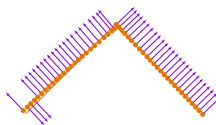
Estimativa
de Normais



Correção
de Normais



Filtragem
da Superfície

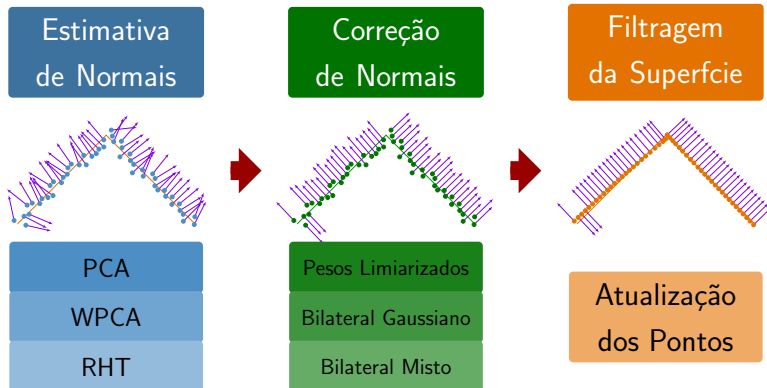


Específicos

- ▶ Investigar alternativas para cada etapa do proceso;

Específicos

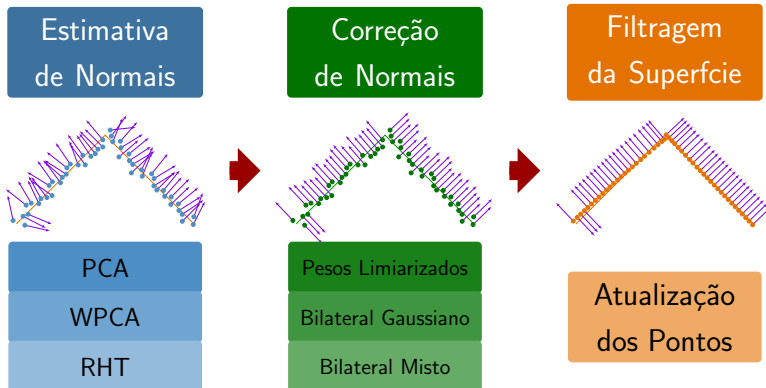
- ▶ Investigar alternativas para cada etapa do processo;



Objetivos

Específicos

- ▶ Investigar alternativas para cada etapa do processo;
- ▶ Analisar a eficácia de cada combinação.



Específicos

- ▶ Definir um método para atualizar os pontos;
- ▶ Realizar um conjunto de comparações qualitativas e quantitativas com técnicas de suavização de nuvens de pontos.

Introdução

Suavização em Malhas

Suavização em Duas Etapas de Malhas

Suavização em Duas Etapas de Nuvens de Pontos

Suavização de Nuvens de Pontos

Técnicas de Projeção

Técnicas Baseadas na Norma l_1

Filtragem de Nuvens de Pontos

Estimativa de Normais

Correção de Normais

Filtragem da Superfície

Resultados

Experimentos

Métricas

Comparações com Outras Técnicas

Conclusões

Introdução

Suavização em Malhas

Suavização em Duas Etapas de Malhas

Suavização em Duas Etapas de Nuvens de Pontos

Suavização de Nuvens de Pontos

Técnicas de Projeção

Técnicas Baseadas na Norma l_1

Filtragem de Nuvens de Pontos

Estimativa de Normais

Correção de Normais

Filtragem da Superfície

Resultados

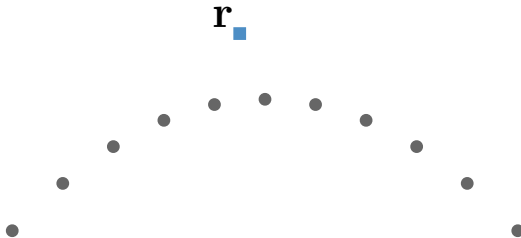
Experimentos

Métricas

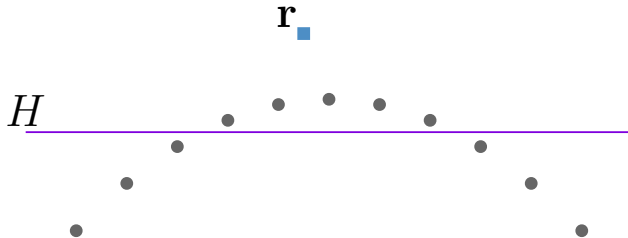
Comparações com Outras Técnicas

Conclusões

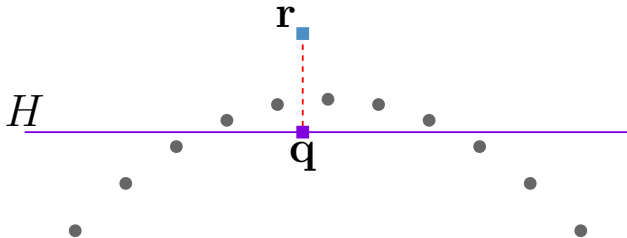
Moving Least Squares



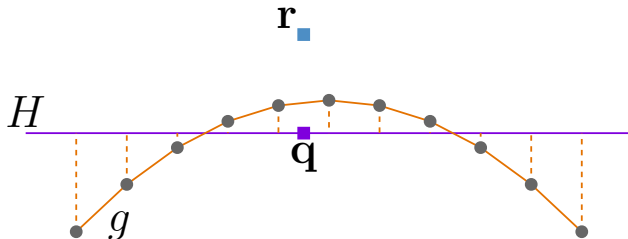
Moving Least Squares



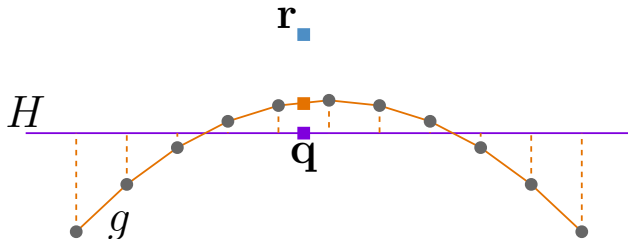
Moving Least Squares

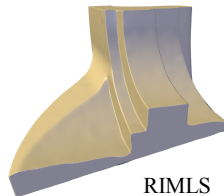
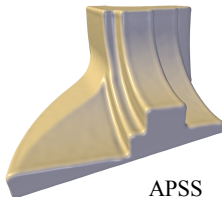
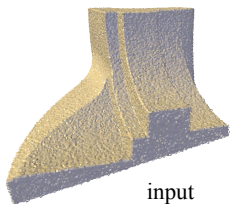


Moving Least Squares

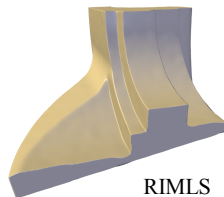
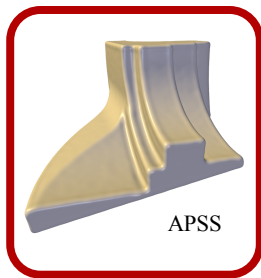
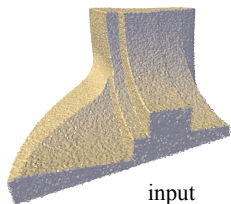


Moving Least Squares



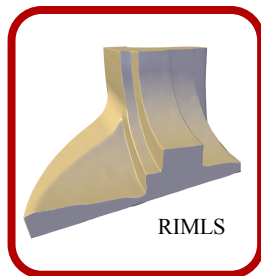
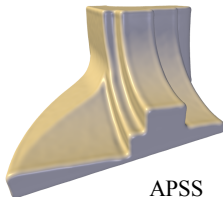
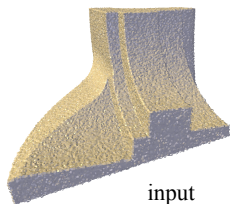


Suavização de nuvens de pontos usando técnicas de projeção (Extraído de Öztireli et al. 2009)



Suavização de nuvens de pontos usando técnicas de projeção (Extraído de Öztireli et al. 2009)

- ▶ APSS (*Algebraic Point Set Surfaces*)



Suavização de nuvens de pontos usando técnicas de projeção (Extraído de Öztireli et al. 2009)

- RIMLS (*Robust Implicit Moving Least Squares*)

Introdução

Suavização em Malhas

Suavização em Duas Etapas de Malhas

Suavização em Duas Etapas de Nuvens de Pontos

Suavização de Nuvens de Pontos

Técnicas de Projeção

Técnicas Baseadas na Norma l_1

Filtragem de Nuvens de Pontos

Estimativa de Normais

Correção de Normais

Filtragem da Superfície

Resultados

Experimentos

Métricas

Comparações com Outras Técnicas

Conclusões

Projeção Localmente Ótima (LOP)

Seja uma nuvem de pontos \mathcal{P} e um conjunto arbitrário X , encontrar:


$$\mathcal{Q} = G(\mathcal{Q}),$$

Projeção Localmente Ótima (LOP)

Seja uma nuvem de pontos \mathcal{P} e um conjunto arbitrário X , encontrar:

$$\mathcal{Q} = G(\mathcal{Q}),$$

- Representar a geometria localmente;

$$G(C) = \arg \min_{x \in \{x_j\}} \{ E_1(X, P, C) \}$$


Projeção Localmente Ótima (LOP)

Seja uma nuvem de pontos \mathcal{P} e um conjunto arbitrário X , encontrar:

$$\mathcal{Q} = G(\mathcal{Q}),$$

- ▶ Representar a geometria localmente;
- ▶ Os pontos \mathbf{q}_j não estejam muito próximos entre si.

$$G(C) = \arg \min_{x \in \{x_j\}} \{ E_1(X, P, C) + E_2(X, C) \}$$

Projeção Localmente Ótima Ponderada (WLOP)

Adiciona pesos de densidade em cada termo de $G(C)$:

Projeção Localmente Ótima Ponderada (WLOP)

Adiciona pesos de densidade em cada termo de $G(C)$:

- ▶ Um peso para relaxar a formação de clusters em E_1 .

$$G(C) = \arg \min_{x \in \{x_j\}} \{ E_1(X, P, C) + E_2(X, C) \}$$

Projeção Localmente Ótima Ponderada (WLOP)

Adiciona pesos de densidade em cada termo de $G(C)$:

- ▶ Um peso para relaxar a formação de clusters em E_1 .
- ▶ Um peso para fortalecer a repulsão em áreas densas em E_2 .

$$G(C) = \arg \min_{x \in \{x_j\}} \{ E_1(X, P, C) + E_2(X, C) \}$$

Introdução

Suavização em Malhas

Suavização em Duas Etapas de Malhas

Suavização em Duas Etapas de Nuvens de Pontos

Suavização de Nuvens de Pontos

Técnicas de Projeção

Técnicas Baseadas na Norma l_1

Filtragem de Nuvens de Pontos

Estimativa de Normais

Correção de Normais

Filtragem da Superfície

Resultados

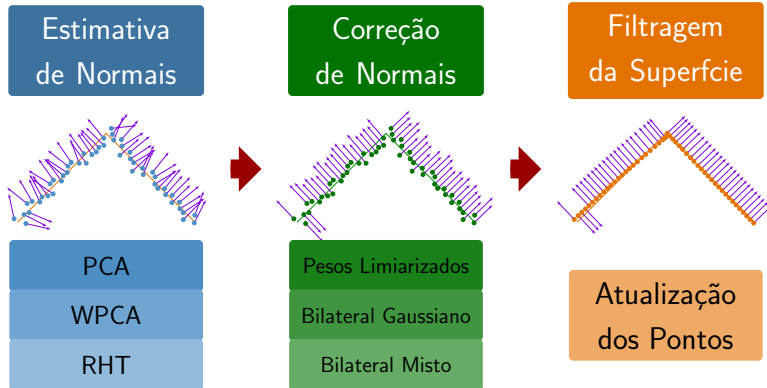
Experimentos

Métricas

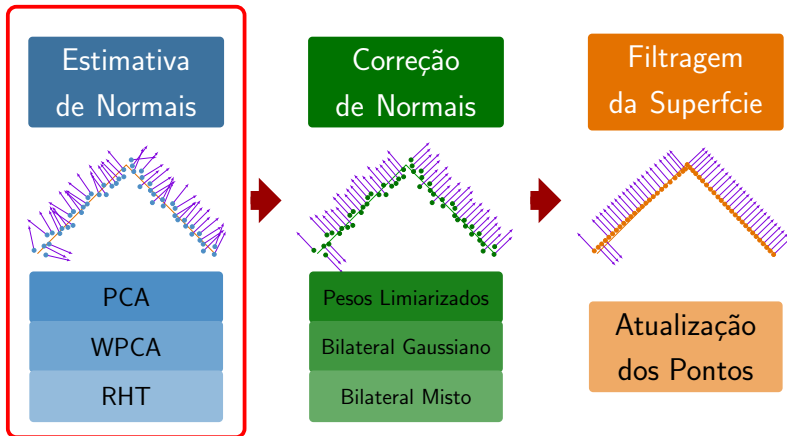
Comparações com Outras Técnicas

Conclusões

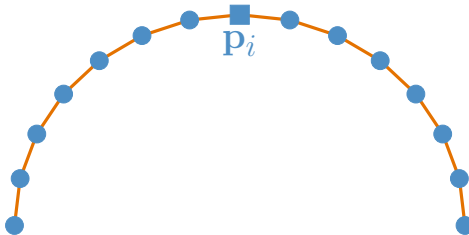
Filtragem de Nuvens de Pontos



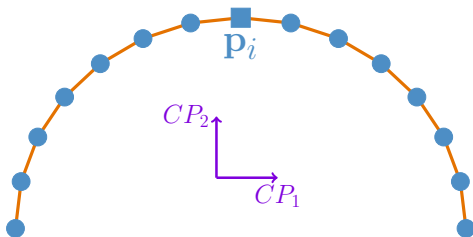
Estimativa de Normais



Análise de Componentes Principais (PCA)

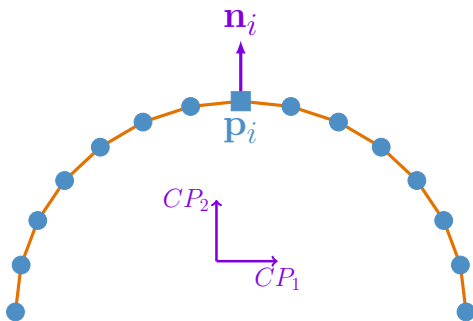


Análise de Componentes Principais (PCA)



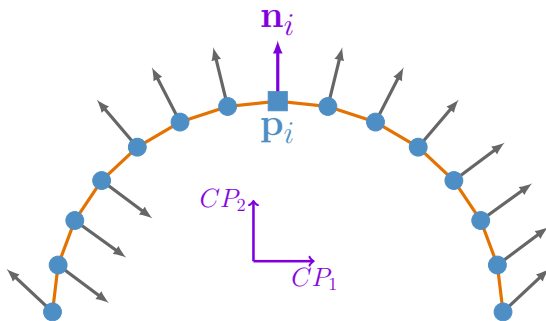
$$\mathbf{C}_i = \mathbf{X}\mathbf{X}^T$$

Análise de Componentes Principais (PCA)



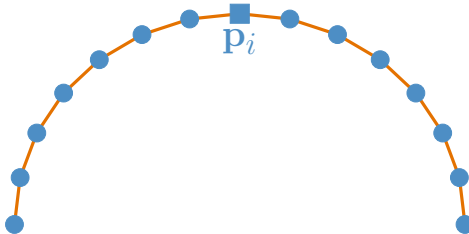
$$\mathbf{C}_i = \mathbf{X}\mathbf{X}^\top$$

Análise de Componentes Principais (PCA)

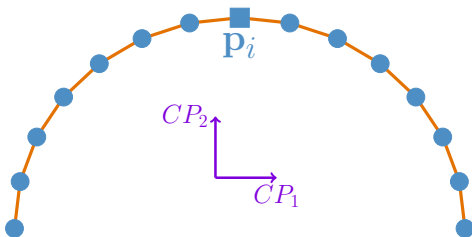


$$C_i = \mathbf{X}\mathbf{X}^T$$

Análise de Componentes Principais Ponderada (WPCA)

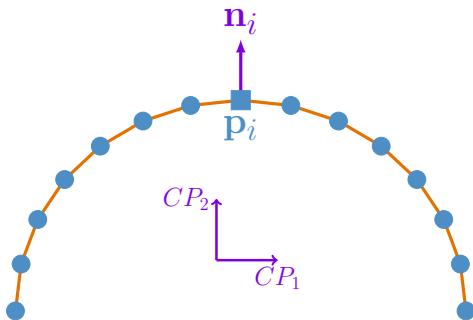


Análise de Componentes Principais Ponderada (WPCA)



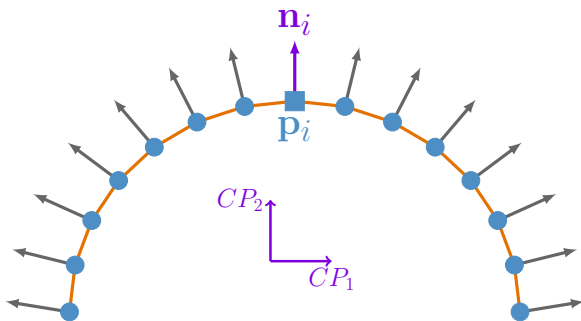
$$C_i = XWX^T$$

Análise de Componentes Principais Ponderada (WPCA)



$$\mathbf{C}_i = \mathbf{X}\mathbf{W}\mathbf{X}^\top$$

Análise de Componentes Principais Ponderada (WPCA)

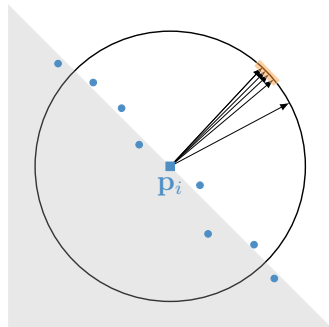


$$C_i = XWX^T$$

- ▶ Selecionar T tríadas de pontos na vizinhança de \mathbf{p}_i

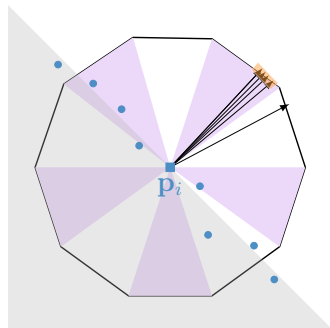
- ▶ Selecionar T tríadas de pontos na vizinhança de \mathbf{p}_i
- ▶ Cada tríada, define um plano (e uma normal com origem em \mathbf{p}_i)

- ▶ Selecionar T tríadas de pontos na vizinhança de \mathbf{p}_i
- ▶ Cada tríada, define um plano (e uma normal com origem em \mathbf{p}_i)



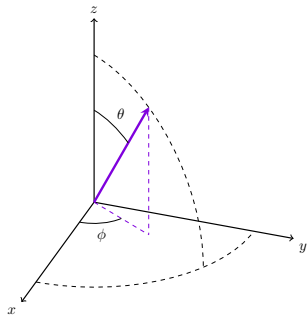
Normais mapeadas na esfera unitária

- ▶ Selecionar T tríadas de pontos na vizinhança de \mathbf{p}_i
- ▶ Cada tríada, define um plano (e uma normal com origem em \mathbf{p}_i)
- ▶ Cada esfera é discretizada em *bins*



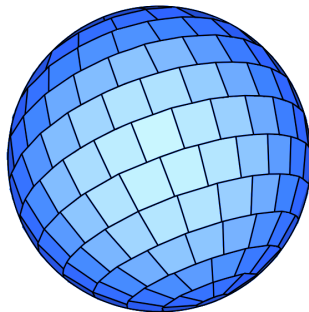
Normais mapeadas em um acumulador 2D

- ▶ Selecionar T tríadas de pontos na vizinhança de \mathbf{p}_i
- ▶ Cada tríada, define um plano (e uma normal com origem em \mathbf{p}_i)
- ▶ Cada esfera é discretizada em *bins*
- ▶ Em 3D, a transformada da normal para o espaço de Hough esta dada pelos ângulos θ e ϕ



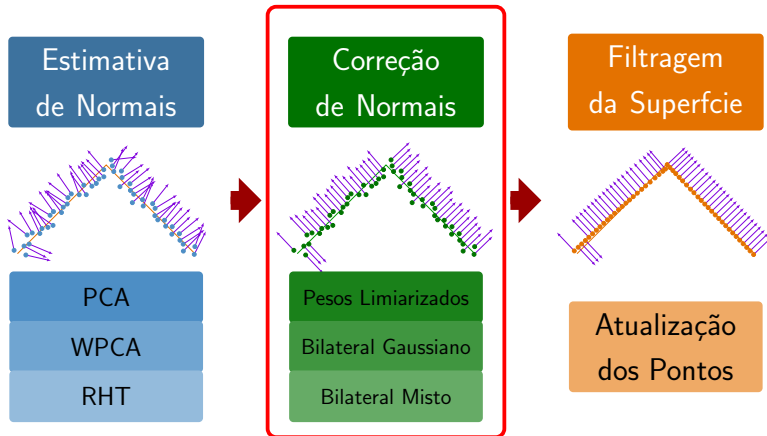
Transformada de Hough para um vetor.

- ▶ Selecionar T tríadas de pontos na vizinhança de \mathbf{p}_i
- ▶ Cada tríada, define um plano (e uma normal com origem em \mathbf{p}_i)
- ▶ Cada esfera é discretizada em *bins*
- ▶ Em 3D, a transformada da normal para o espaço de Hough esta dada pelos ângulos θ e ϕ
- ▶ O espaço e discretizado usando o acumulador de Borrman.



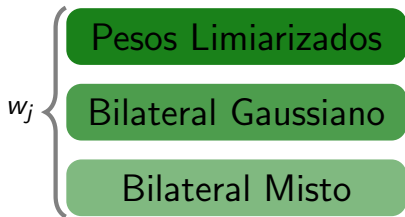
Acumulador esférico de Borrman (extraído de Boulch & Marlet, 2012).

Correção de Normais



$$\mathbf{n}_i^l = \frac{\left(\sum_{j \in \mathcal{N}_i} w_j \mathbf{n}_j^{l-1} \right)}{\left\| \left(\sum_{j \in \mathcal{N}_i} w_j \right) \right\|}$$

$$\mathbf{n}_i^l = \frac{\left(\sum_{j \in \mathcal{N}_i} w_j \mathbf{n}_j^{l-1} \right)}{\left\| \left(\sum_{j \in \mathcal{N}_i} w_j \right) \right\|}$$



Pesos Limiarizados

$$w_j = W_c(||\mathbf{p}_i - \mathbf{p}_j||) W_s(||\mathbf{n}_i - \mathbf{n}_j||),$$

$$W_c(x) = \exp(-x^2/2\sigma_c^2), \quad W_s(x) = \exp(-x^2/2\sigma_s^2),$$

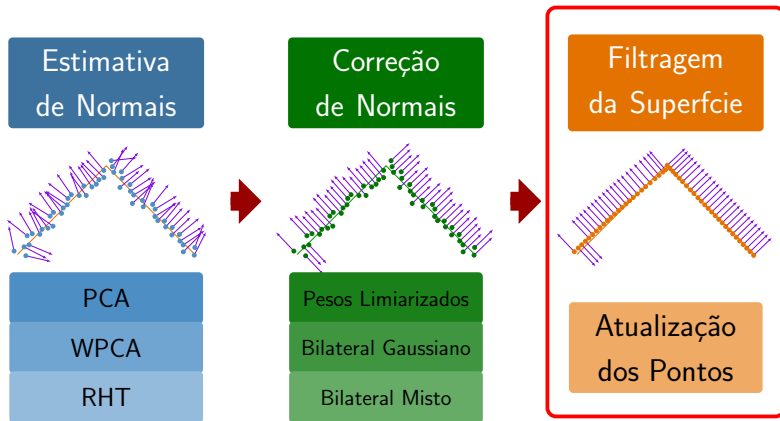
Peso Bilateral-Gaussiano

$$w_j = W_c(\|\mathbf{p}_i - \mathbf{p}_j\|)\Phi_s(\mathbf{n}_i, \mathbf{n}_j),$$

$$\Phi_s(\mathbf{n}_i, \mathbf{n}_j) = \begin{cases} 0 & , \text{ se } (\mathbf{n}_i - \mathbf{n}_j) \cdot \mathbf{n}_i \geq T \\ ((\mathbf{n}_i - \mathbf{n}_j) \cdot \mathbf{n}_i - T)^2 & , \text{ caso contrário} \end{cases}$$

$$W_c(x) = \exp(-x^2/2\sigma_c^2),$$

Filtragem da Superfície



$$\mathbf{p}_i^l = \mathbf{p}_i^{l-1} + \frac{1}{\sum_{j \in \mathcal{N}_i} w_j} \sum_{j \in \mathcal{N}_i} \mathbf{n}'_j (w_j \mathbf{n}'_j \cdot (\mathbf{p}_j^{l-1} - \mathbf{p}_i^{l-1})),$$

$$w_j = W_c(\|\mathbf{p}_i - \mathbf{p}_j\|) W_s(1 - (\mathbf{n}_i \cdot \mathbf{n}_j)),$$

Introdução

- Suavização em Malhas

- Suavização em Duas Etapas de Malhas

- Suavização em Duas Etapas de Nuvens de Pontos

Suavização de Nuvens de Pontos

- Técnicas de Projeção

- Técnicas Baseadas na Norma l_1

Filtragem de Nuvens de Pontos

- Estimativa de Normais

- Correção de Normais

- Filtragem da Superfície

Resultados

- Experimentos

- Métricas

- Comparações com Outras Técnicas

Conclusões

Introdução

Suavização em Malhas

Suavização em Duas Etapas de Malhas

Suavização em Duas Etapas de Nuvens de Pontos

Suavização de Nuvens de Pontos

Técnicas de Projeção

Técnicas Baseadas na Norma l_1

Filtragem de Nuvens de Pontos

Estimativa de Normais

Correção de Normais

Filtragem da Superfície

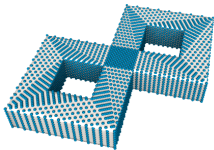
Resultados

Experimentos

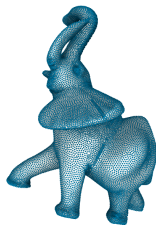
Métricas

Comparações com Outras Técnicas

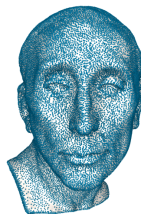
Conclusões



Double Torus
 $|S| = 4350$



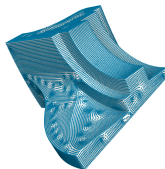
Elephant
 $|S| = 24955$



Nicolo
 $|S| = 25239$



Femur
 $|S| = 8168$

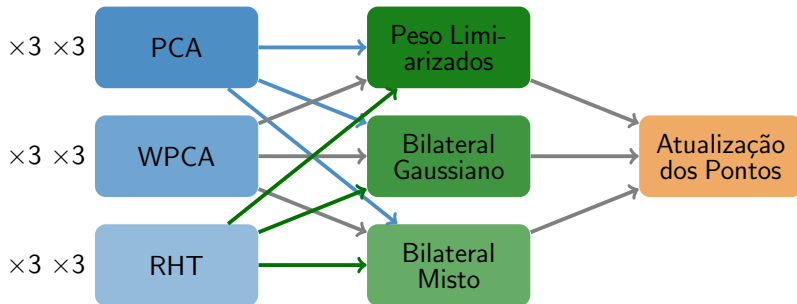


Fandisk
 $|S| = 25894$

Ruído sintético com $\sigma = 0.2$ (longitude media das arestas).

- ▶ Ruído Gaussiano na direção normal (RGN)
- ▶ Ruído Gaussiano em direção aleatória (RGA)

Combinações



Introdução

Suavização em Malhas

Suavização em Duas Etapas de Malhas

Suavização em Duas Etapas de Nuvens de Pontos

Suavização de Nuvens de Pontos

Técnicas de Projeção

Técnicas Baseadas na Norma l_1

Filtragem de Nuvens de Pontos

Estimativa de Normais

Correção de Normais

Filtragem da Superfície

Resultados

Experimentos

Métricas

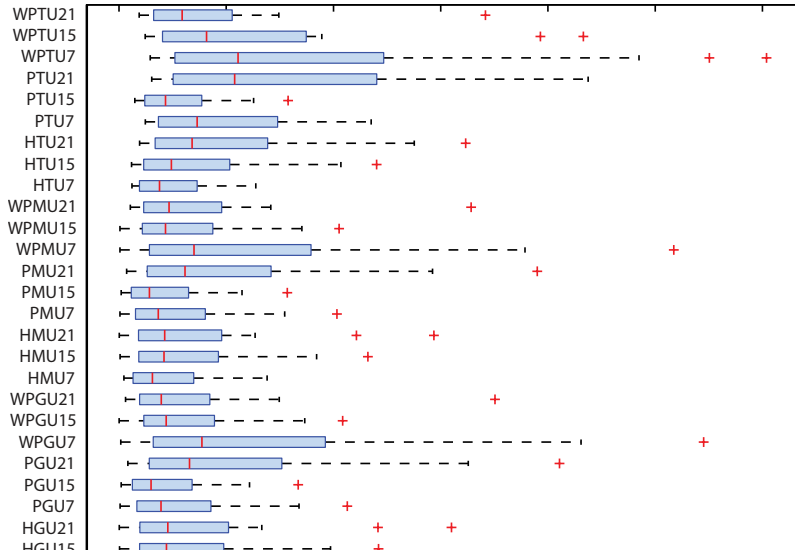
Comparações com Outras Técnicas

Conclusões

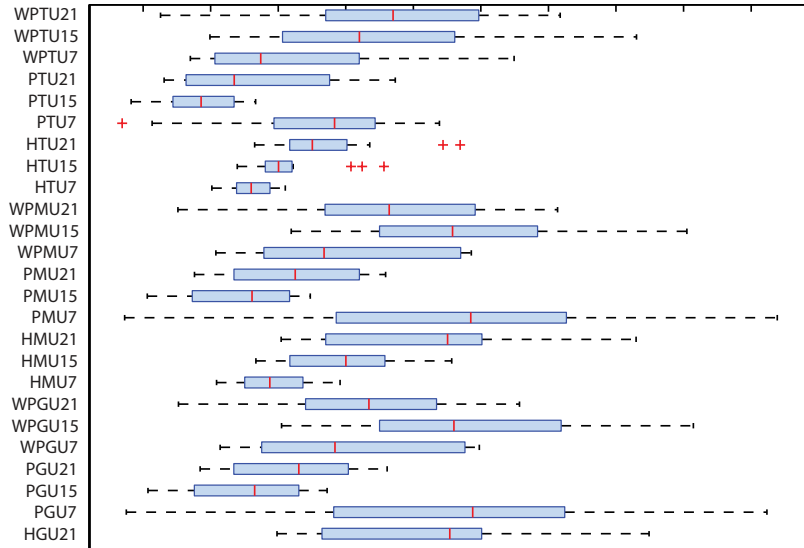
Usamos a correspondência um-a-um entre os pontos na superfície original \mathcal{M} e na superfície filtrada \mathcal{S} .

- ▶ E_k : média das diferenças da curvatura em cada ponto \mathbf{p}_i em \mathcal{M} e \mathcal{S} .
- ▶ E_A : diferença da área de \mathcal{M} e \mathcal{S} .

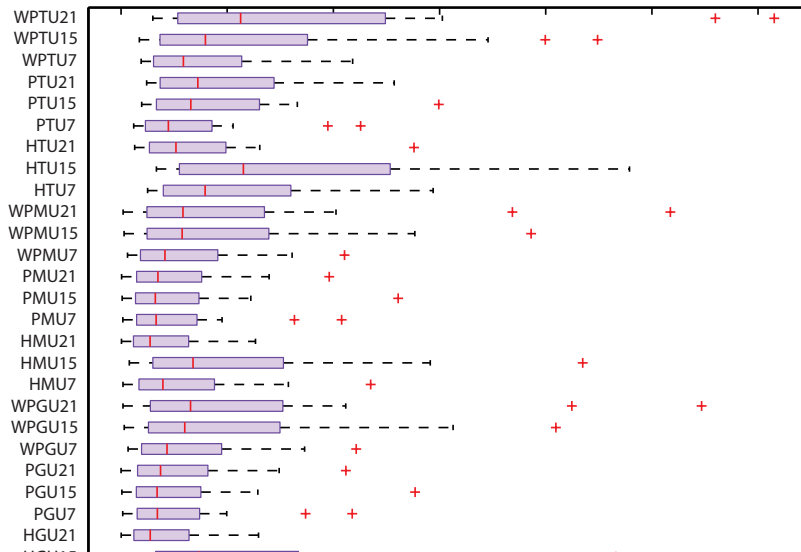
Desempenho das Alternativas (Elephant + RGN)



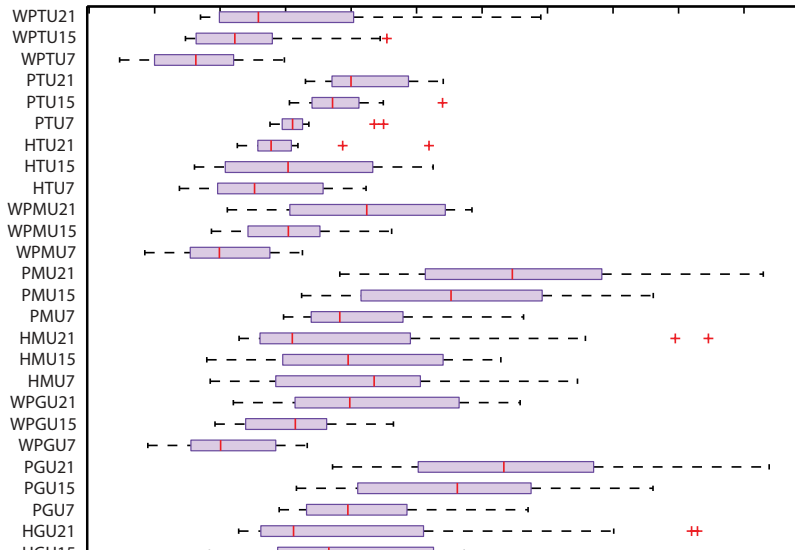
Desempenho das Alternativas (Elephant + RGN)



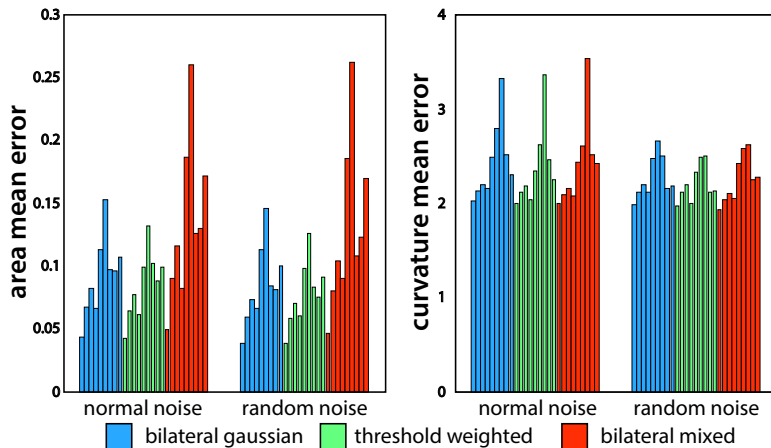
Desempenho das Alternativas (Elephant + RGA)



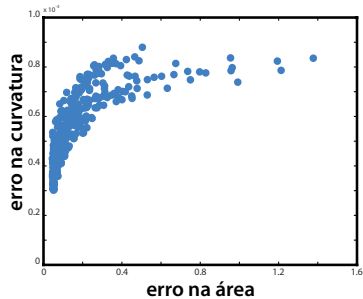
Desempenho das Alternativas (Elephant + RGA)



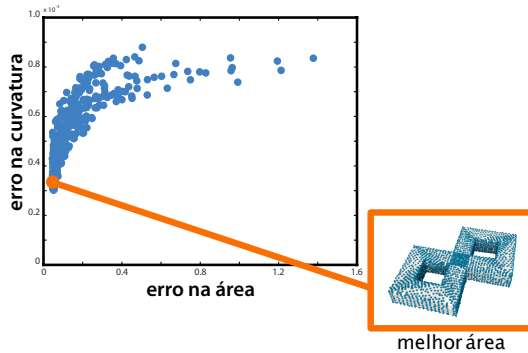
Erro médio de Cada Alternativa



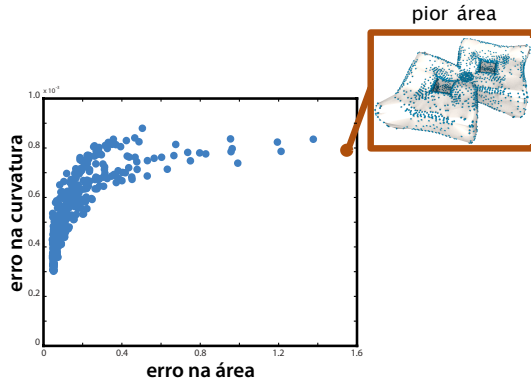
Area \times Curvatura (Double Torus + RGA)



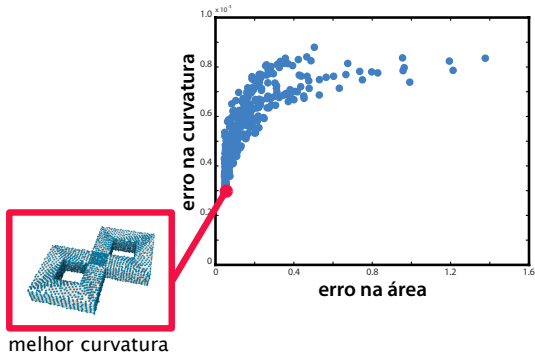
Area \times Curvatura (Double Torus + RGA)



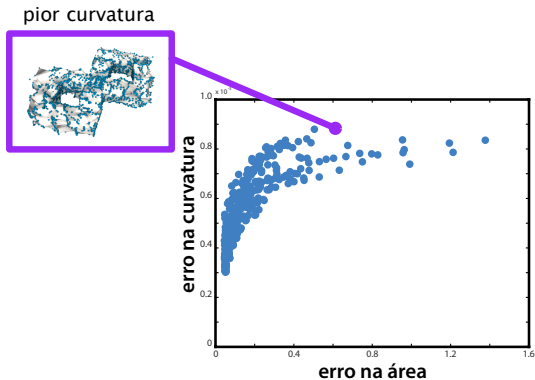
Area \times Curvatura (Double Torus + RGA)



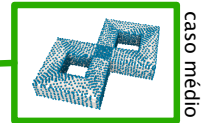
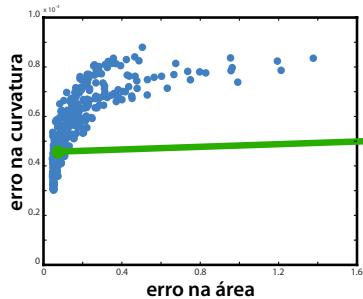
Area \times Curvatura (Double Torus + RGA)



Area \times Curvatura (Double Torus + RGA)

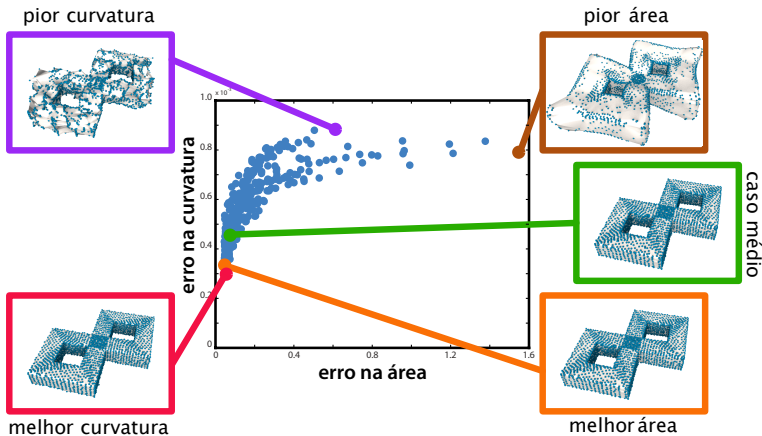


Area \times Curvatura (Double Torus + RGA)



caso médio

Area \times Curvatura (Double Torus + RGA)



Introdução

Suavização em Malhas

Suavização em Duas Etapas de Malhas

Suavização em Duas Etapas de Nuvens de Pontos

Suavização de Nuvens de Pontos

Técnicas de Projeção

Técnicas Baseadas na Norma l_1

Filtragem de Nuvens de Pontos

Estimativa de Normais

Correção de Normais

Filtragem da Superfície

Resultados

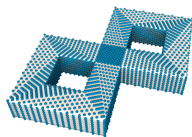
Experimentos

Métricas

Comparações com Outras Técnicas

Conclusões

Double Torus



Original



Ruído



LOP



WLOP



APSS

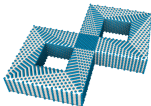


RIMLS

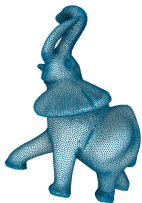


Nosso

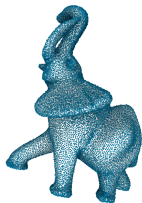
Melhores Conjuntos de Parametros e Erros

Modelo	Ruído	Método	Parâmetros	$E_A \times 10^{-3}$	$E_k \times 10^{-3}$
 ($ S = 4350$)	RGN	LOP	(0.14, 0.3)	53.62	0.78
		WLOP	(0.12, 0.3)	26.45	0.72
		APSS	(3, 0.5)	5.59	0.49
		RIMLS	(5, 0.5)	4.24	0.24
		Nosso	(PTU7, 32, 5)	0.59	0.31
	RGA	LOP	(0.9, 0.4)	95.68	0.45
		WLOP	(0.12, 0.3)	59.42	0.72
		APSS	(3, 0.5)	23.16	0.54
		RIMLS	(3, 0.5)	12.39	0.31
		Nosso	(WPTU21, 4, 5)	0.22	0.34

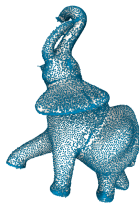
Elephant



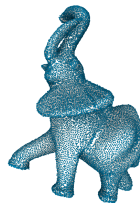
Original



Ruído



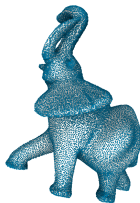
LOP



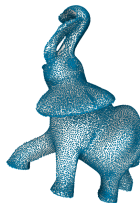
WLOP



APSS




RIMLS



Nosso

Melhores Conjuntos de Parametros e Erros

Modelo	Ruído	Método	Parâmetros	$E_A \times 10^{-3}$	$E_k \times 10^{-3}$
 ($ S = 24955$)	RGN	LOP	(0.07, 0.4)	11.86	0.18
		WLOP	(0.05, 0.5)	5.64	0.24
		APSS	(3, 0.75)	0.70	0.12
		RIMLS	(4, 1)	6.59	0.14
		Nosso	(PGU21, 32, 5)	0.24	0.24
	RGA	LOP	(0.05, 0.4)	42.14	0.15
		WLOP	(0.03, 0.4)	38.87	0.13
		APSS	(2, 1)	1.57	0.09
		RIMLS	(2, 0.75)	1.58	0.08
		Nosso	(HG21, 32, 5)	0.04	0.22



Original



Ruído



LOP



WLOP



APSS




RIMLS



Nosso

Melhores Conjuntos de Parametros e Erros

Modelo	Ruído	Método	Parâmetros	$E_A \times 10^{-3}$	$E_k \times 10^{-3}$
 ($ S = 25239$)	RGN	LOP	(0.06, 0.3)	141.30	0.10
		WLOP	(0.07, 0.25)	10.52	0.10
		APSS	(4, 0.5)	9.74	0.10
		RIMLS	(4, 1)	0.18	0.08
		Nosso	(WPTU15, 8, 5)	0.05	0.09
	RGA	LOP	(0.04, 0.3)	71.31	0.11
		WLOP	(0.04, 0.25)	25.52	0.10
		APSS	(4, 0.75)	2.67	0.11
		RIMLS	(4, 1)	0.36	0.09
		Nosso	(PGU7, 16, 5)	0.22	0.09

Femur



Original



Ruído



LOP



WLOP



APSS




RIMLS

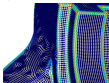
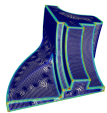


Nosso

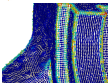
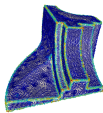
Melhores Conjuntos de Parametros e Erros

Modelo	Ruído	Método	Parâmetros	$E_A \times 10^{-3}$	$E_k \times 10^{-3}$
 ($ S = 8168$)	RGN	LOP	(0.07, 0.4)	13.92	0.26
		WLOP	(0.06, 0.4)	0.17	0.26
		APSS	(3, 0.75)	1.55	0.22
		RIMLS	(4, 0.75)	0.40	0.23
		Nosso	(HTU7, 32, 5)	9.07	0.22
	RGA	LOP	(0.06, 0.3)	33.19	0.26
		WLOP	(0.06, 0.4)	7.84	0.26
		APSS	(3, 1)	0.98	0.23
		RIMLS	(3, 0.75)	0.60	0.21
		Nosso	(HTU7, 32, 5)	10.20	0.22

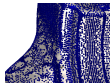
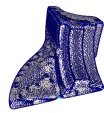
Preservação de Feições



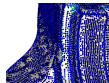
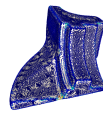
Original



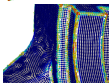
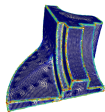
Ruído



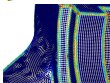
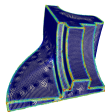
LOP



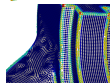
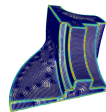
WLOP



APSS

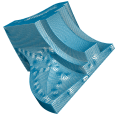


RIMLS



Nosso

Melhores Conjuntos de Parametros e Erros

Modelo	Ruído	Método	Parâmetros	$E_A \times 10^{-3}$	$E_k \times 10^{-3}$
 $(S = 25894)$	RGN	LOP	(0.08, 0.3)	1.22	0.21
		WLOP	(0.07, 0.35)	37.36	0.20
		APSS	(2, 1)	5.76	0.10
		RIMLS	(4, 0.5)	0.59	0.05
		Nosso	(HTU21, 16, 5)	0.02	0.08
	RGA	LOP	(0.07, 0.35)	21.82	0.20
		WLOP	(0.07, 0.35)	35.21	0.20
		APSS	(2, 1)	0.58	0.08
		RIMLS	(4, 0.75)	1.13	0.08
		Nosso	(HGU7, 32, 5)	0.04	0.09

Introdução

Suavização em Malhas

Suavização em Duas Etapas de Malhas

Suavização em Duas Etapas de Nuvens de Pontos

Suavização de Nuvens de Pontos

Técnicas de Projeção

Técnicas Baseadas na Norma l_1

Filtragem de Nuvens de Pontos

Estimativa de Normais

Correção de Normais

Filtragem da Superfície

Resultados

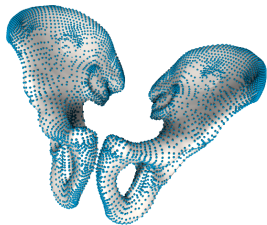
Experimentos

Métricas

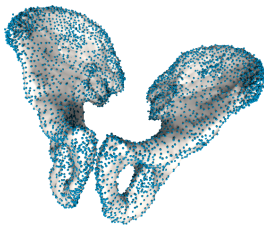
Comparações com Outras Técnicas

Conclusões

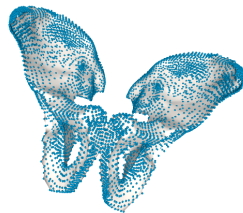
- ▶ A abordagem de dois passos pode ser estendida para o contexto de nuvens de pontos.
- ▶ Esquema bilateral para atualizar os pontos: distância entre os pontos e distância entre as normais.
- ▶ Conjunto de experimentos abrangente (variando número de vizinhos e número de iterações). Os parâmetros utilizados podem influenciar consideravelmente a qualidade do processo de suavização.
- ▶ Comparações com métodos do estado da arte. O esquema de filtragem de normais/atualização de pontos tem um desempenho superior a métodos existentes.



Original



Ruído



Suavizado

Relação de vizinhança de pontos em superfícies com folhas próximas?

- ▶ Quadro teórico, como o proposto em Mitra et al. (2004), para realizar um estudo mais profundo dos raios de vizinhança no passo de estimativa de normais.
- ▶ Além disso, uma análise com diferentes distribuições de ruído é um estudo útil, principalmente fazendo uso de um *benchmark* como o proposto em Berger et al. (2013).

Obrigada pela atenção!



paolalv@icmc.usp.br

Visual and Geometry Processing Group

