



6° Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal



PROPOSTA DE UM ALGORITMO PARA EXTRAÇÃO SEMIAUTOMÁTICA DO FUSTE EM DADOS DE VARREDURA LASER TERRESTRE E DETERMINAÇÃO DO VOLUME COMERCIAL.

Rorai Pereira Martins Neto

Tiago de Conto

André Leonardo Bortolotto Buck

Christel Lingnau

Vagner Alex Pesck

Magda Lea Bolzan Zanon

APRESENTAÇÃO

- INTRODUÇÃO;
- OBJETIVOS;
- COLETA DE DADOS;
- PRÉ-PROCESSAMENTO;
- RESULTADOS;
- CONSIDERAÇÕES FINAIS.

INTRODUÇÃO

CUBAGEM

Técnica Destrutiva

Variável mais importante economicamente;

Ajuste de Equações

VARREDURA LASER

- Lidar (*Light Detection and Ranging*);

Informações tridimensionais



Precisão e rapidez

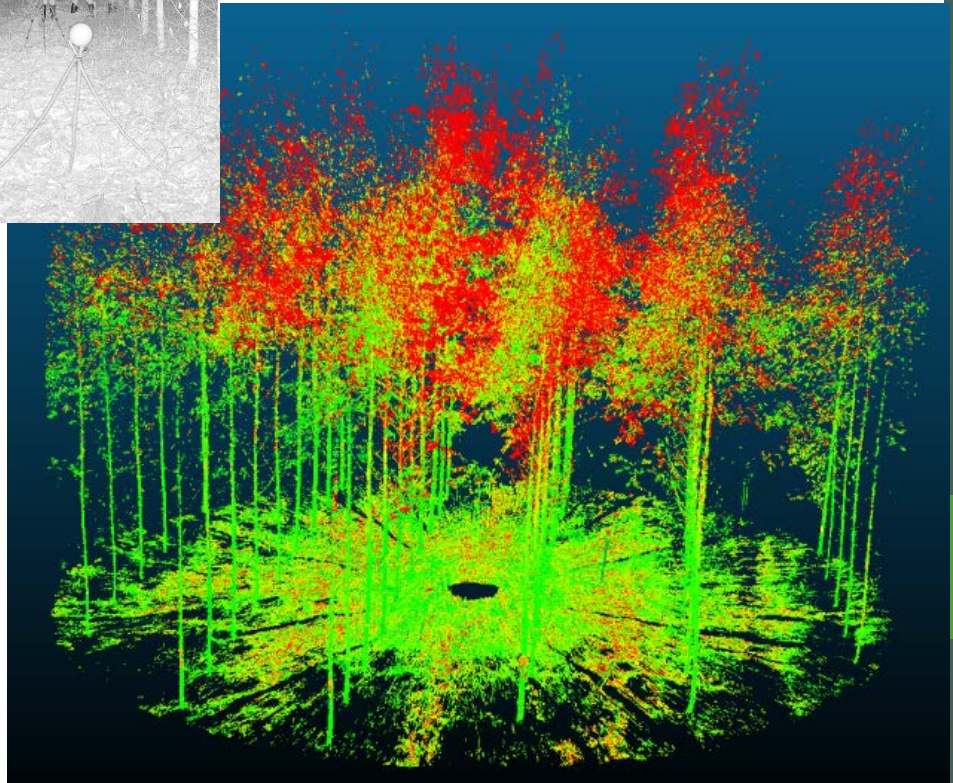


Variáveis dendrométricas sem
necessidade do corte da árvore



Fonte: O autor

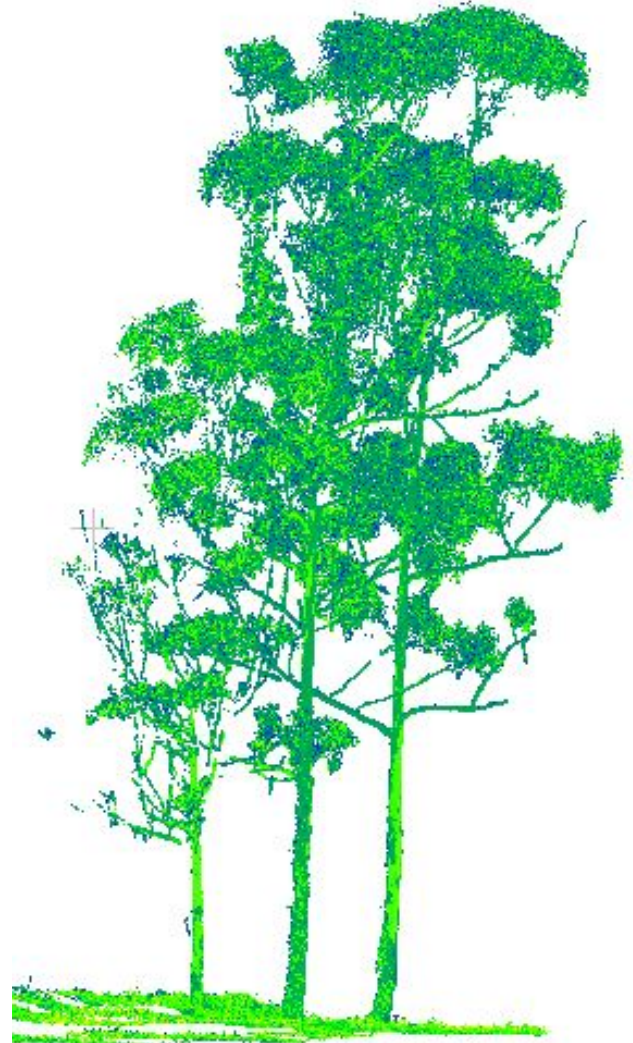
Fonte: O autor





Fonte: Bienert, 2013

Fonte: Martins Neto *et al.*, 2013a



OBJETIVOS

Propor um algoritmo baseado em linguagem R para a extração semiautomática do fuste de uma árvore Eucalyptus spp. na nuvem de laser e a posterior determinação do volume comercial por meio de modelagem tridimensional, comparando os resultados obtidos com a cubagem tradicional.

COLETA DE DADOS

OBJETO DE ESTUDO



- Plantio de *Eucalyptus* spp;
- 4,5 anos;
- Espaçamento 3,6 x 2,2 m.

VARREDURA LASER

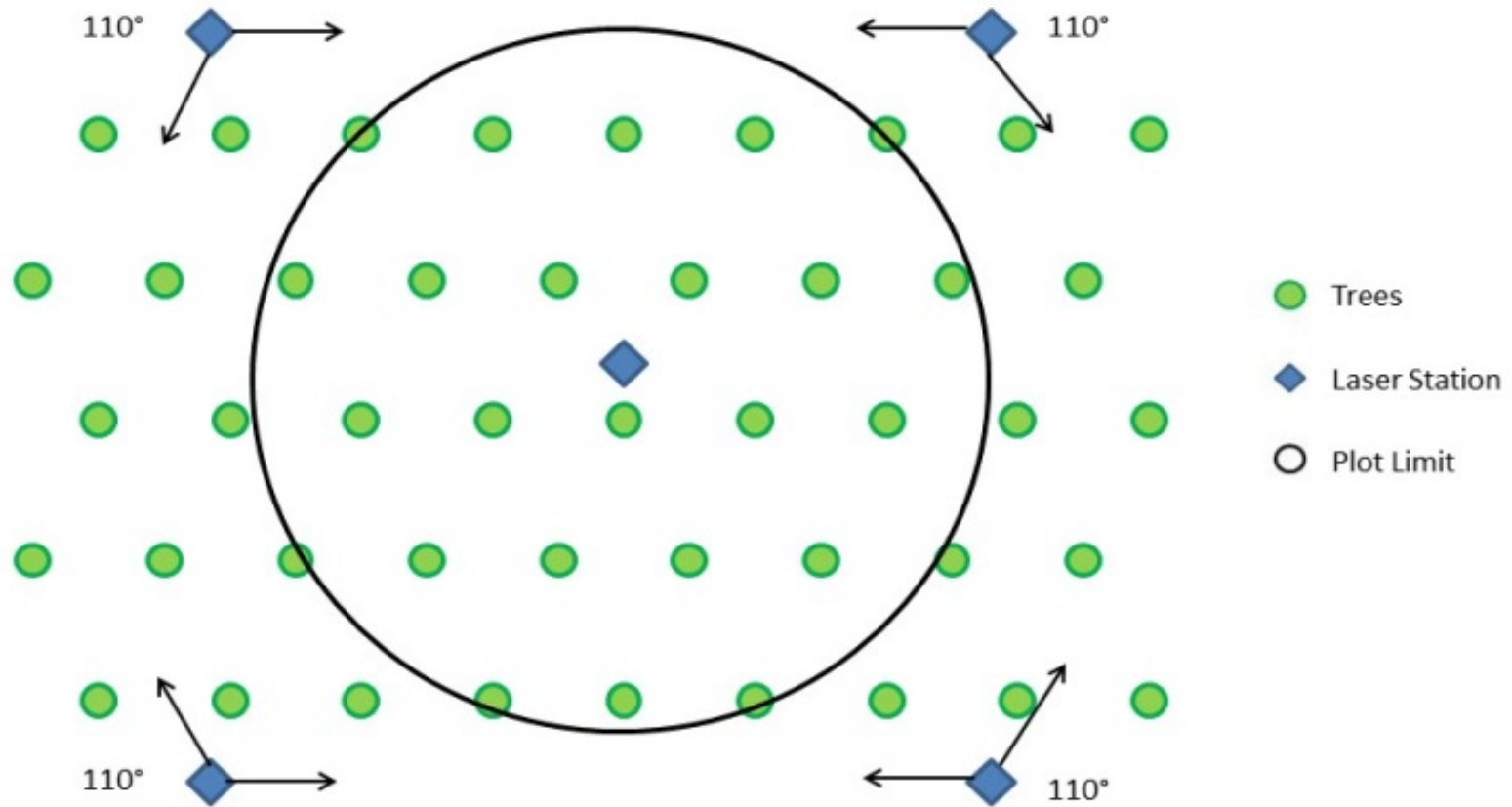
- Equipamento Trimble TX5;

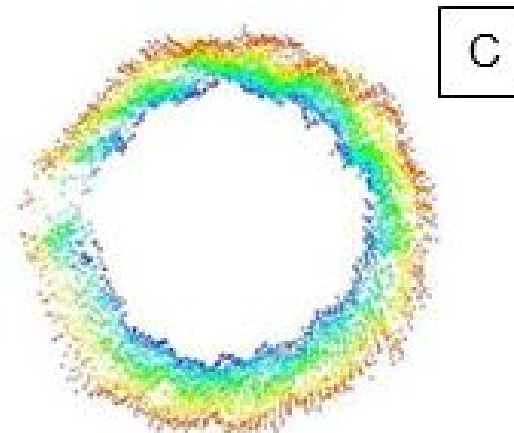
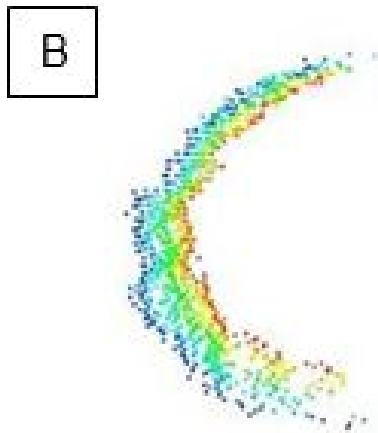
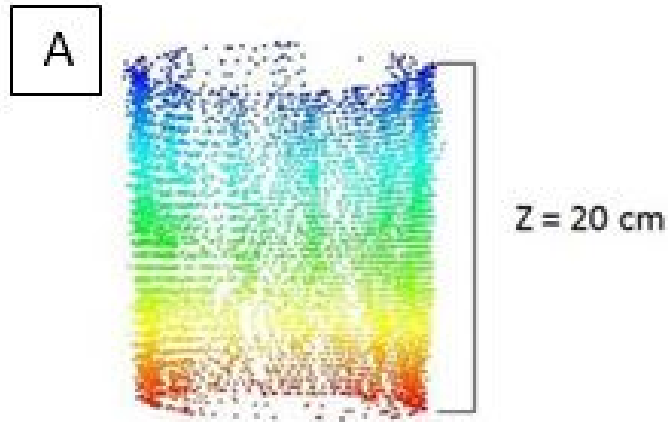
Características técnicas	
Aquisição de pontos	Até 976.000 pontos por segundo
Campo de visão	360º (horizontal) x 305º (vertical)
Acurácia posição / distância	0,95 mm / 2,3 mm (1 a 25 m)
Alcance	Até 150 m

- 244.000 pontos/segundo.



VARREDURA LASER





Fonte: Martins Neto *et al.*, 2013b

- A) Superfície de um tronco recoberta por meio de varredura laser;
- B) Representação de uma varredura simples;
- C) Representação de uma varredura múltipla.



VARREDURA LASER



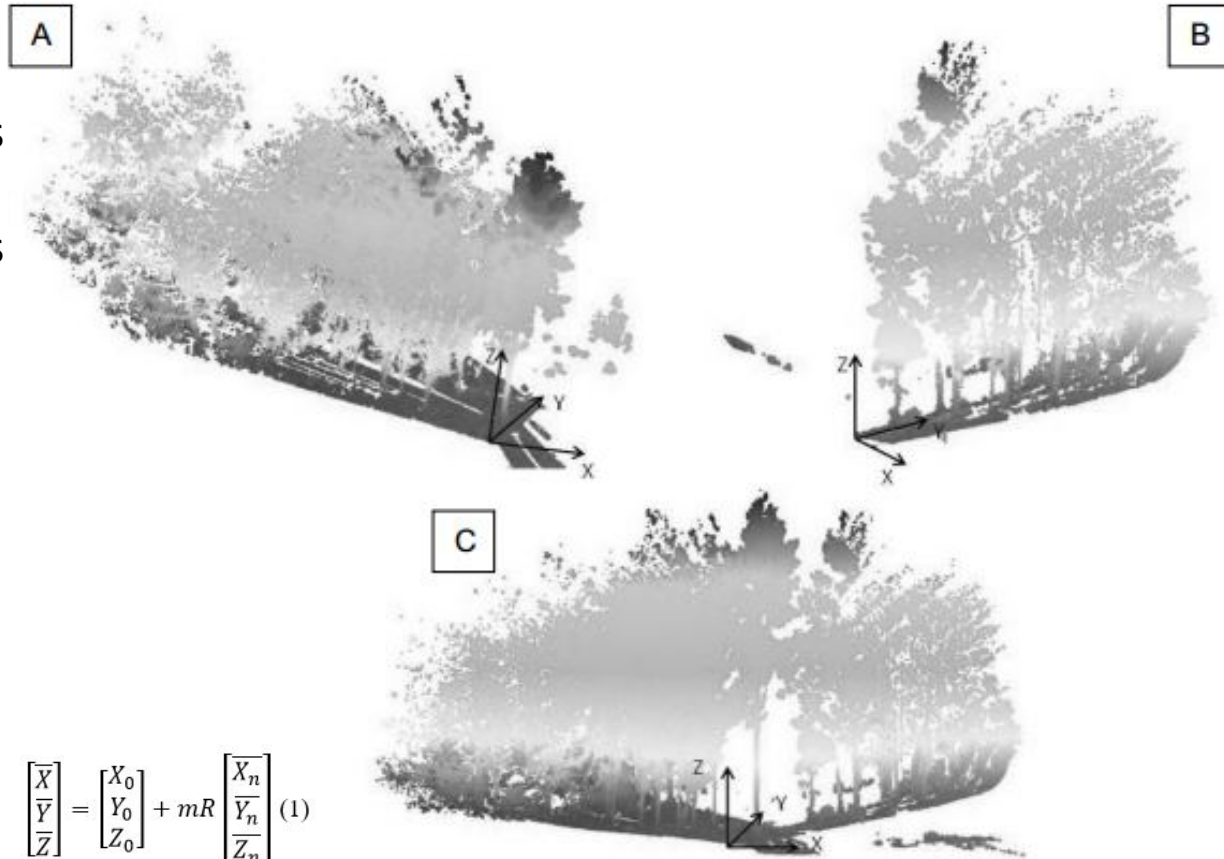
CUBAGEM



ESPAÇAMENTO	IdEquipe	Parcela	LASER	Padrao	Compr	Medicao	Fila	Cova	Fuste	Codigo	CapDap	AltObs
3,60 X 2,22	6	20	O	Cap	11,28	23/05/2013	1	1	1	N	28,8	
3,60 X 2,22	6	20	O	Cap	11,28	23/05/2013	2	2	1	X	44,7	14,9
3,60 X 2,22	6	20	O	Cap	11,28	23/05/2013	2	3	1	N	31,5	
3,60 X 2,22	6	20	O	Cap	11,28	23/05/2013	2	4	1	N	31	
3,60 X 2,22	6	20	O	Cap	11,28	23/05/2013	2	5	1	N	35,3	
3,60 X 2,22	6	20	O	Cap	11,28	23/05/2013	2	6	1	N	33,3	
3,60 X 2,22	6	20	O	Cap	11,28	23/05/2013	2	7	1	N	30,5	
3,60 X 2,22	6	20	O	Cap	11,28	23/05/2013	2	8	1	N	35,5	
3,60 X 2,22	6	20	O	Cap	11,28	23/05/2013	3	9	1	N	30,1	
3,60 X 2,22	6	20	O	Cap	11,28	23/05/2013	3	10	1	N	33	
3,60 X 2,22	6	20	O	Cap	11,28	23/05/2013	3	11	1	N	29,2	
3,60 X 2,22	6	20	O	Cap	11,28	23/05/2013	3	12	1	X	38,6	14,1
3,60 X 2,22	6	20	O	Cap	11,28	23/05/2013	3	13	1	N	29	
3,60 X 2,22	6	20	O	Cap	11,28	23/05/2013	3	14	1	N	31,7	
3,60 X 2,22	6	20	O	Cap	11,28	23/05/2013	3	15	1	N	35,8	
3,60 X 2,22	6	20	O	Cap	11,28	23/05/2013	3	16	1	N	31,3	

PRÉ-PROCESSAMENTO

REGISTRO DA NUVEM



A) e B) Diferentes Estações *Laser*.
C) Nuvem de pontos Registrada.

$$\begin{bmatrix} \bar{X} \\ \bar{Y} \\ \bar{Z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + mR \begin{bmatrix} \bar{X}_n \\ \bar{Y}_n \\ \bar{Z}_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

Onde:

$X_0; Y_0; Z_0$ = vetores de translação (m);

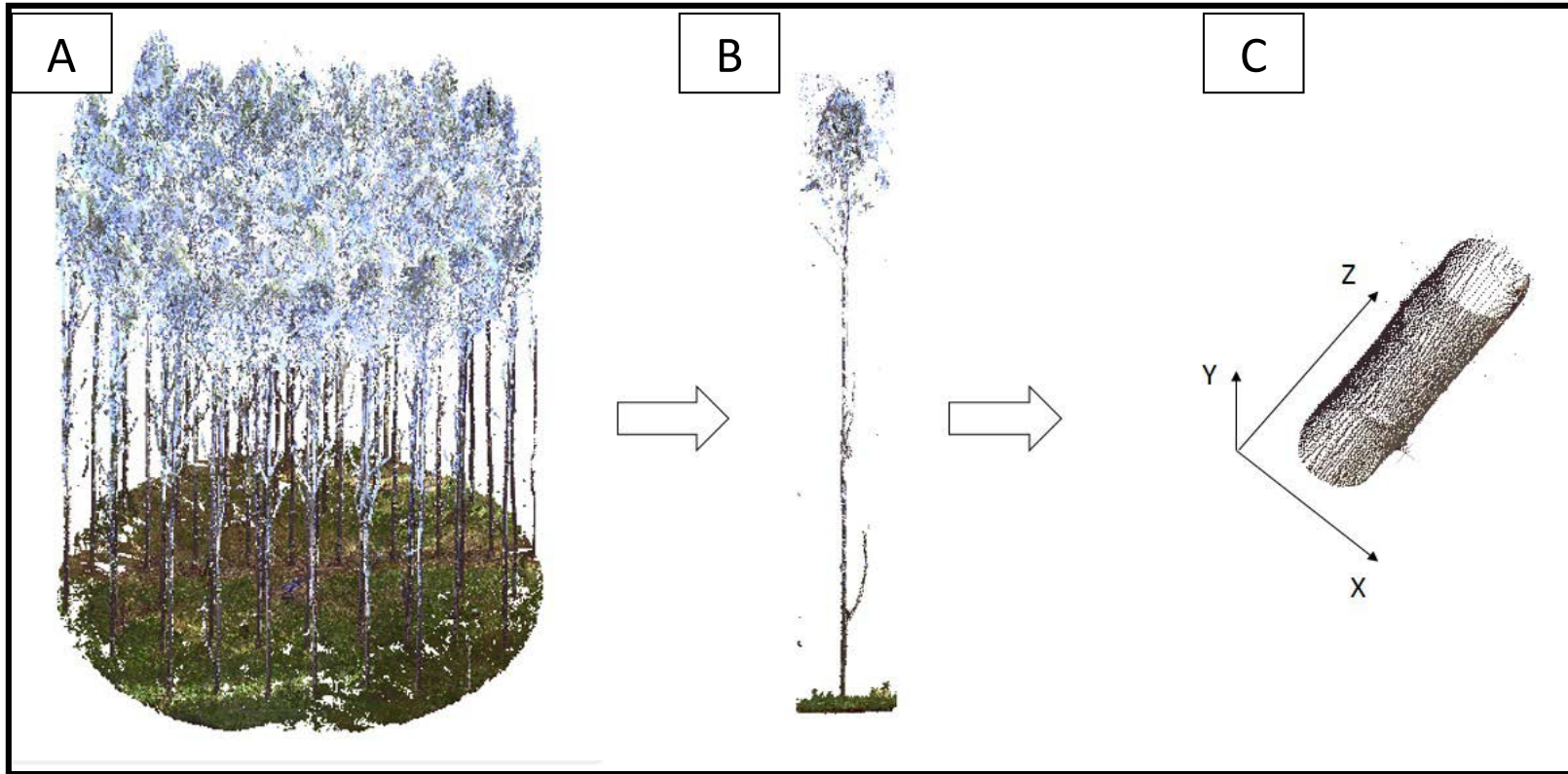
m = fator de escala (igual a 1);

R = matriz de rotação (radianos);

$\bar{X}; \bar{Y}; \bar{Z}$ = vetor inicial.

Fonte: Martins Neto *et al.*, 2013b

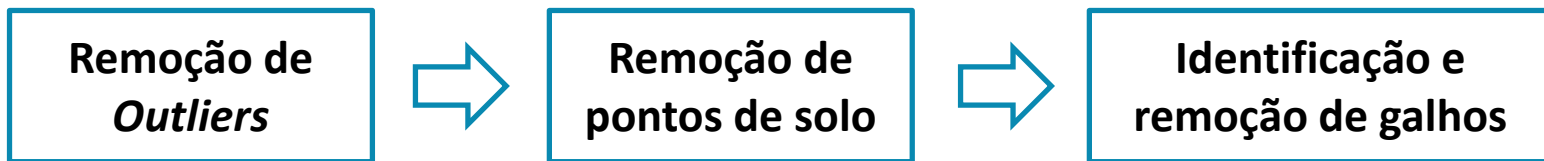
RECORTE E ISOLAMENTO



- A) Recorte da parcela;
- B) Árvore Isolada;
- C) Representação de uma superfície do tronco.

RESULTADOS

- O registro da nuvem de pontos foi satisfatório com um erro médio de 0,0056 cm;
- O isolamento do fuste na nuvem de pontos consistiu nos seguintes passos:



- E constou de 4 etapas.

PACOTE ESTATÍSTICO R

- **Biblioteca RGL (visualização 3D);**
- **Alphashpae 3D (estimativa do volume)**

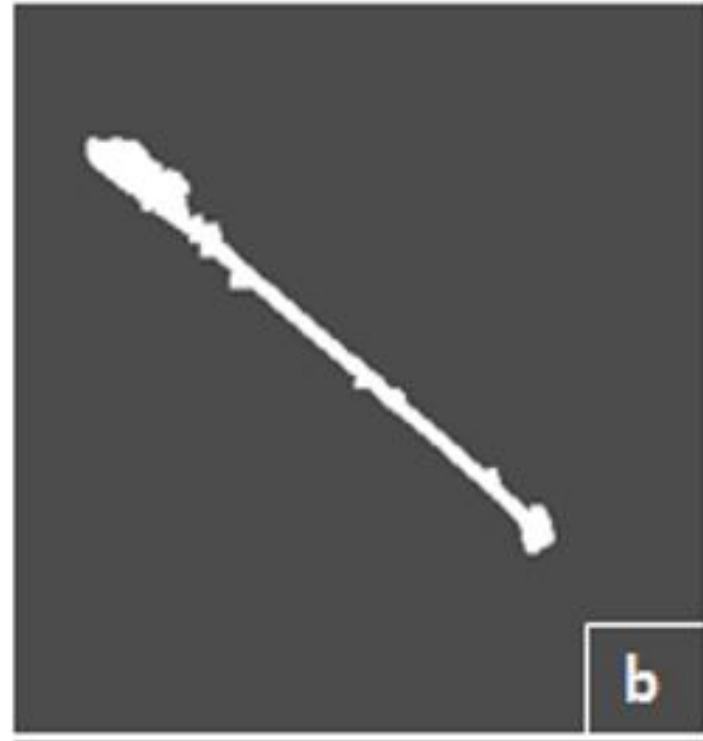
FILTRAGEM



- Nuvem de pontos referente a árvore de *Eucalyptus* spp. Isolada;
- Total de 1.088.965 pontos.

FILTRAGEM

- **Etapa 1 – *Rough Filter*:** O fuste é aproximadamente linear no eixo Z, portanto coordenar intervalos na nuvem de pontos da árvore contendo a maioria dos pontos em X e Y que deveram corresponder à superfície do tronco.



FILTRAGEM



- **Etapa 2 – Filtro de Segmentação:** Dados ruidosos (no momento da aquisição como pontos fantasmas, ou duplicados devido ao vento) foram encontrados ao longo do espaço da nuvem de pontos e eliminados.

FILTRAGEM

- **Etapa 3 – Remoção dos Pontos de solo:** A varredura *laser* captura também pontos pertencentes ao solo, que não de interesse para a determinação do volume. Esses pontos estão espalhados por toda a nuvem de pontos, e podem obstruir o fuste.



FILTRAGEM



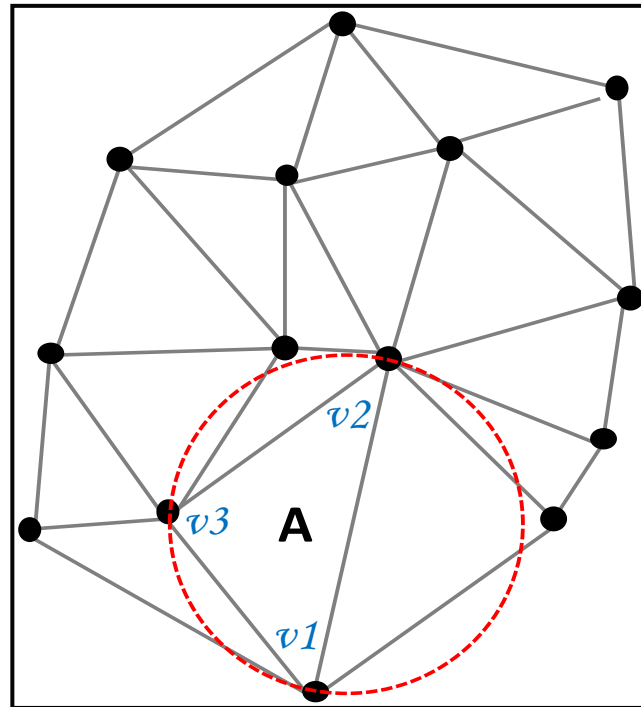
- **Etapa 4 – Poda de Árvores:** Temos que o diâmetro pode ser definido como a distância entre pontos extremos de dimensões horizontais dentro de um mesmo intervalo vertical. Portanto intervalos verticais do fuste isolado não devem aumentar em termos de variância horizontal.

FILTRAGEM

- Fuste isolado;
- 222.105 pontos restantes.



MODELAGEM 3D

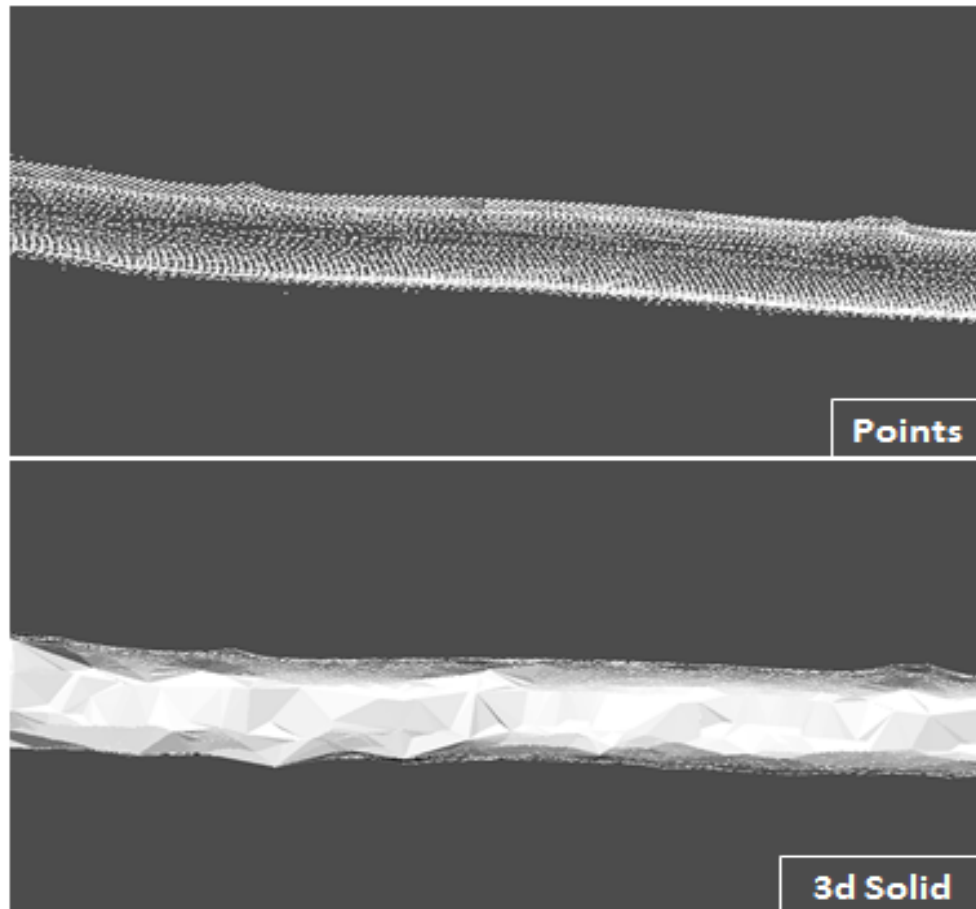


Fonte: Buck *et al*, 2012.

- Rede Triangular Irregular.

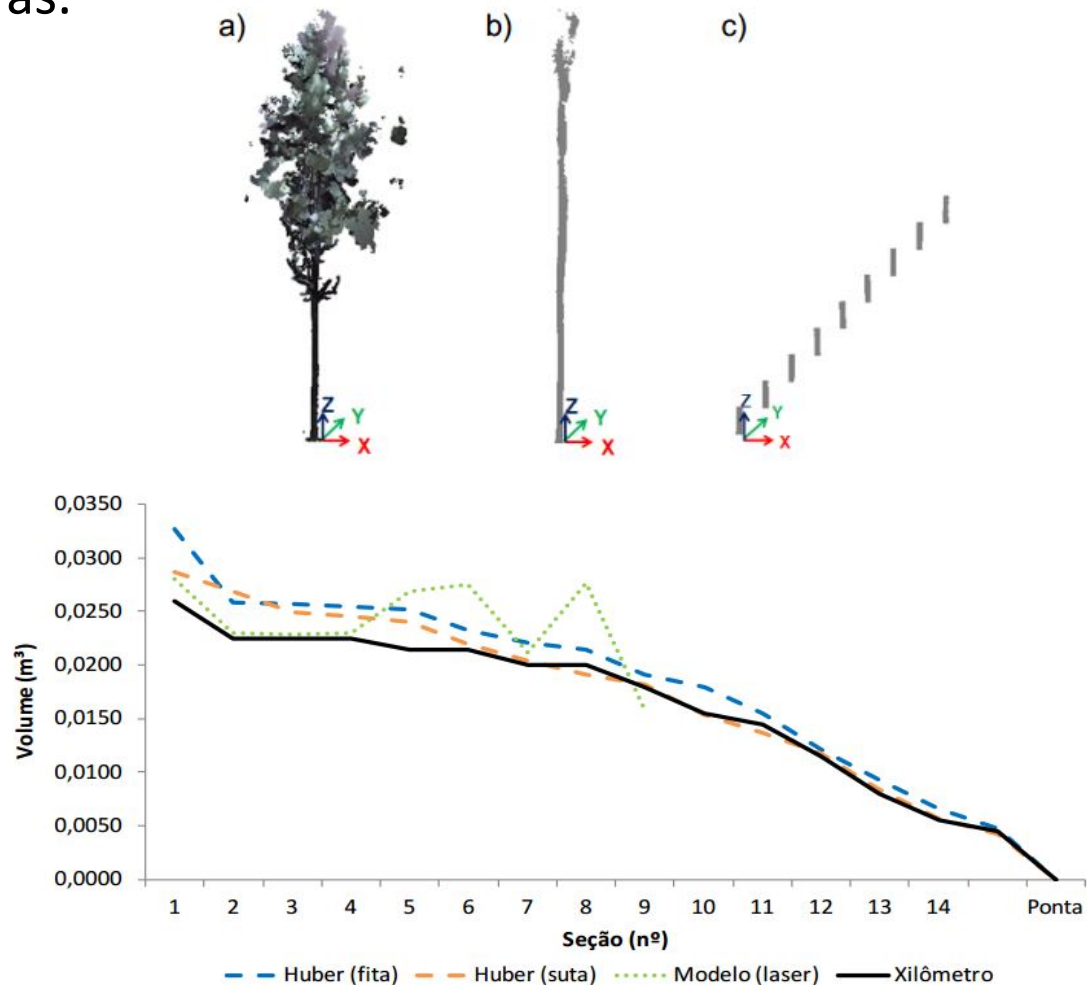
VOLUME

- O volume comercial obtido pelo sólido 3D foi de $0,1304\text{m}^3$, 2,9% maior que o volume comercial obtido pelo método de cubagem de Smalian ($0,1268\text{ m}^3$).



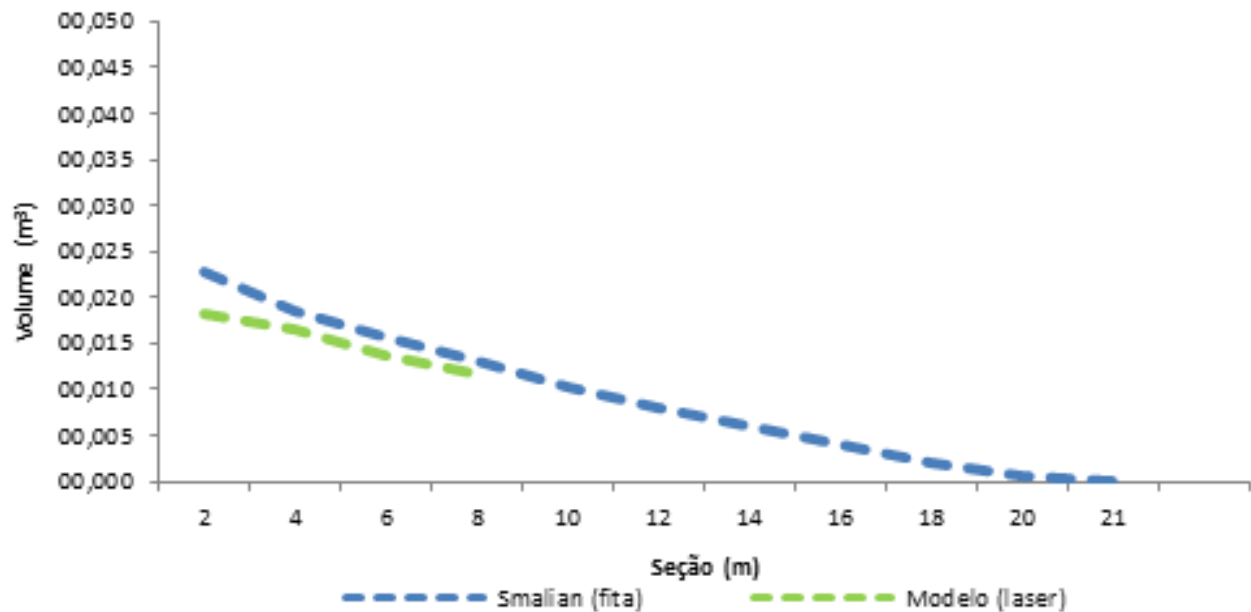
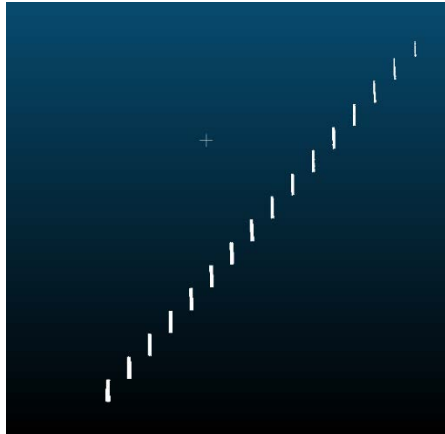
VOLUME

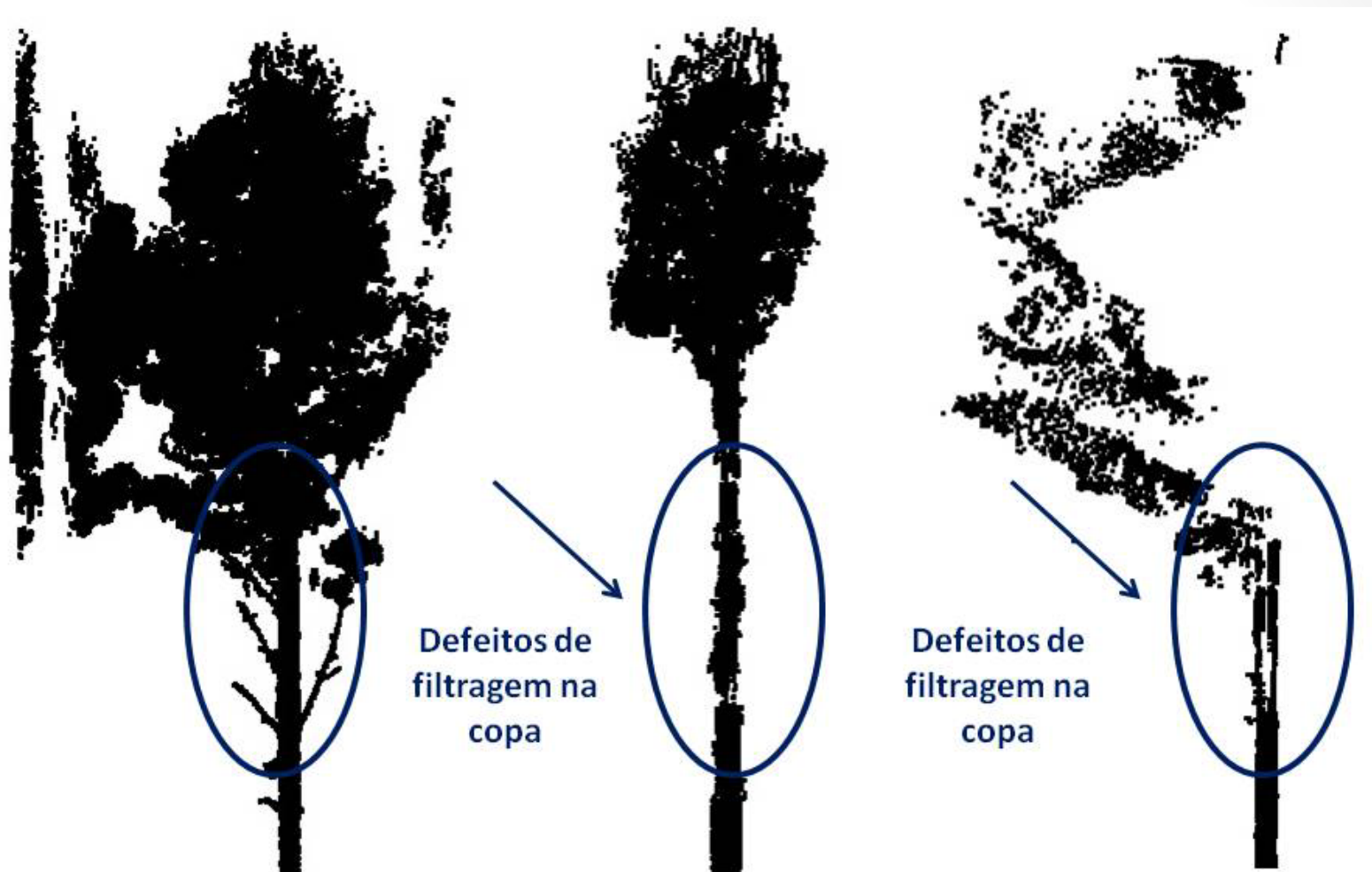
- Buck *et al.*, 2012: Filtragem manual e segmentação do tronco em toras.



VOLUME

- Buck *et al.*, 2014: Filtragem automática (distância máxima) e segmentação do tronco em toras.





Fonte: Martins Neto *et al.*, 2013c

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- É possível a determinação do volume das árvores por meio das técnicas de modelagem tridimensional de dados TLS;
- Métodos mais eficientes de filtragem devem ser elaborados assim como estimar os pontos pertencentes às regiões da copa para resultados mais precisos;
- Outras melhorias devem ser desenvolvidas para algoritmos usados no processamento da nuvem no setor florestal, visando a precisão de variáveis, a velocidade de computação e automação de processos, assim como aplicação em larga escala.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIENERT, A. **Automatische Extraktion Von 3D – Bauparametern aus terrestrischen Laserscannerdaten.** 2011. 203 f. Dissertation (Doktoringenieur) – Fakultät Umweltwissenschaften der Technischen Universität Dresden, Dresden, 2013;
- BUCK, A. L. B. **Análise de métodos de filtragem dados laser scanner terrestre aplicados à modelagem tridimensional do tronco de Pinus spp.** 2012. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, 2012 ;
- BUCK, A. L. B ; SILVA, M.N. ; LINGNAU, C. ; MACHADO, A.M.L ; MARTINS NETO, R. P. ; PESCK, V. A. . Mensuração de Eucalyptus spp. em uma parcela circular a partir de dados da varredura múltipla laser terrestre.. In: XI SenGeF - XI Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas aplicados à Engenharia Florestal, 2014, Curitiba. Anais do XI Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal, 2014. p. 562-569;
- **MARTINS NETO, R. P.** ; LINGNAU, C. ; MACHADO, A.M.L ; BUCK, A. L. B ; SILVA, M.N. ; PESCK, V. A. . Terrestrial laser scanning to obtain dendrometric variables in Eucalyptus grandis trees. In: Latin America Remote Sensing Week, 2013, Santiago. E-Book LARS 2013, 2013a
- **MARTINS NETO, R. P.** ; LINGNAU, C. ; MACHADO, A.M.L ; BUCK, A. L. B ; SILVA, M.N. ; PESCK, V. A. . Identificação automática de árvores de Pinus sp. a partir da varredura laser terrestre. In: VIII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, 2013, Curitiba. Anais do VIII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, 2013b.
- **MARTINS NETO, R. P.** ; BUCK, A. L. B ; SILVA, M.N; LINGNAU, C. ; MACHADO, A.M.L ; PESCK, V. A. . Eficiência de diferentes métodos de filtragem da nuvem de pontos na varredura Laser Terrestre para a obtenção de dados dendrométricos. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu. Anais do 16 Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013c.

OBRIGADO!

rorai.neto@gmail.com