

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SUZANA DE CARLI

**USO DE FOTOGRAMETRIA TERRESTRE NA MEDIÇÃO DE ÁRVORES  
URBANAS COM USO DE CELULAR**

CURITIBA

2020

SUZANA DE CARLI

**USO DE FOTOGRAMETRIA TERRESTRE NA MEDIÇÃO DE ÁRVORES  
URBANAS COM USO DE CELULAR**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de especialização em Manejo Florestal de Precisão, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para obtenção do título de especialista.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Ana Paula Dalla Corte.

Coorientador: Hudson Franklin Pessoa Veras.

CURITIBA

2020

# USO DE FOTOGRAMETRIA TERRESTRE NA MEDIÇÃO DE ÁRVORES URBANAS COM USO DE CELULAR

SUZANA DE CARLI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Engenheira florestal, formada pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages-SC, Brasil. E-mail: engenharia.sdc@gmail.com

## RESUMO

As técnicas de sensoriamento remoto bem como a fotogrametria na área florestal, auxiliam no trabalho dos manejadores, seja para produção, preservação, gestão, monitoramento. Diante disso avaliou-se o uso da fotogrametria para medições de árvores, visando facilitar as mensurações, por meio da formação de árvores digitais em 3D. Utilizando uma câmera, realizou-se fotos em 360° do indivíduo selecionado, a reconstituição do tronco por meio da formação da nuvem de pontos em que o produto foi uma árvore em 3D. A partir da formação do sólido 3D, realizou-se as mensurações digitais dos diâmetros das árvores, sendo comparados estatisticamente aos valores encontrados no inventário florestal. Observou-se que os dados medidos em inventário florestal não diferiram estatisticamente da mensuração digital dos diâmetros. Imagens com boa qualidade e recobrimento foram formadas neste estudo pelo programa Pix4D Mapper, com processamento fácil e preciso, além da possibilidade de obtenção de outras informações qualitativas e quantitativas a respeito do indivíduo fotografado, como sanidade e altura de bifurcação. A ferramenta apresentou-se como uma alternativa ao inventário convencional. Com isso, confirmou-se o uso da fotogrametria terrestre nas estimativas de diâmetro das árvores, e que pesquisas podem ser realizadas para criar metodologias e formas de automatização desse trabalho, permitindo que o programa capture o diâmetro das árvores automaticamente.

Palavras-chave: modelagem tridimensional, mensuração, fotografia.

## **ABSTRACT**

The techniques of remote sensing as well as photogrammetry in the forest area, assist in the work of the managers, whether for production, preservation, management, monitoring. Therefore, the use of photogrammetry for tree measurements was evaluated, aiming to facilitate measurements, through the formation of digital trees in 3D. Using a camera, 360° photos of the selected individual were taken, the trunk was reconstructed through the formation of the point cloud in which the product was a 3D tree. From the formation of the 3D solid, digital measurements of tree diameters were made, being statistically compared to the values found in the forest inventory. It was observed that the data measured in the forest inventory did not differ statistically from the digital measurement of the diameters. Images with good quality and coverage were formed in this study by the Pix4D Mapper program, with easy and accurate processing, in addition to the possibility of obtaining other qualitative and quantitative information about the individual photographed, such as health and height of bifurcation. The tool presented itself as an alternative to the conventional inventory. With this, the use of terrestrial photogrammetry in tree diameter estimates was confirmed, and that research can be carried out to create methodologies and ways of automating this work, allowing the program to capture the diameter of trees automatically.

Keywords: Three-dimensional modeling, measurement, photography.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2. OBJETIVO.....</b>	<b>10</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
2.3 JUSTIFICATIVA.....	10
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>21</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>21</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>22</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DAS ÁRVORES MENSURADAS NO ESTUDO.....	11
FIGURA 2: PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS.....	12
FIGURA 3: PROCESSAMENTO DAS IMAGENS.....	13
FIGURA 4 - FORMAÇÃO DO SÓLIDO TRIDIMENSIONAL.....	13
FIGURA 5 - DEFINIÇÃO DIGITAL DO DIÂMETRO DA ÁRVORE.....	14
FIGURA 6 - DEMONSTRATIVO DE IMAGENS GERADAS PELO PROGRAMA PIX4D.....	15
FIGURA 7 – FOTOS EM 360° DE UMA ÁRVORE MENSURADA DIGITALMENTE.....	19

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: GRÁFICO DE RESÍDUOS DOS DADOS.....	16
GRÁFICO 2: NÚMERO DE FOTOS UTILIZADAS POR ÁRVORE X ERRO.....	17

## 1. INTRODUÇÃO

Referência mundial por sua atuação pautada pela sustentabilidade, competitividade e inovação, a indústria brasileira de árvores plantadas está entre os principais produtores de celulose, papel e painéis de madeira no mundo. Com uma área de 7,84 milhões de hectares de reflorestamento, o setor brasileiro de árvores plantadas é responsável por mais de 90% de toda a madeira produzida para fins industriais e 6,1% do PIB Industrial no País (IBA, 2018).

A mensuração de florestas atende a necessidade de quantificação dos recursos florestais para fins comerciais, de preservação, gestão e pesquisas. Diversas variáveis dendrométricas podem ser medidas ou estimadas, servindo de ponto de partida para derivações de importantes informações sobre as características intrínsecas a determinada cobertura vegetal (RIBAS & ELMIRO 2013).

Tecnologias empregam sensores ativos (*Light Detection and Ranging* - LIDAR) e passivos (Fotogrametria), sob plataformas aéreas ou terrestres, para registrar, construir e transformar uma nuvem de pontos (*Point Cloud Data*) em representações tridimensionais da floresta (CHAVES, 2016). Dessa forma a fotogrametria surge como um método alternativo e eficiente para se efetuar a mensuração florestal (MAULONI et al, 2011).

A fotogrametria trata da análise computadorizada de fotografias, tradicionalmente através de algoritmos de visão computacional, para a coleta de medições no mundo físico e é uma ferramenta científica reconhecida e um campo de estudo. Ela permite que se realize a captura de medidas de pontos fixos para estimar as dimensões dos objetos fotografados (LAMAS, 2018).

A digitalização 3D permite transportar as formas das superfícies de objetos físicos para o meio digital, utilizando um conjunto de tecnologias para a aquisição desses dados, que então são registrados digitalmente como nuvens de pontos distribuídos em coordenadas tridimensionais (DRAP, 2012).

A fotogrametria apresenta uma série de vantagens sobre os processos diretos de medição, tanto para mapeamento quanto para outras aplicações: o objeto a ser medido não é tocado, a aquisição dos dados é rápida; os fotogramas armazenam grandes quantidades de informações semânticas e geométricas; as fotografias são documentos legais relativos à época de sua tomada; podem ser medidos movimentos e deformações; os fotogramas podem ser medidos a qualquer momento que se



desejar, podendo-se repetir a medida várias vezes; a precisão pode ser aumentada de acordo com as necessidades particulares de cada projeto; superfícies complicadas podem ser facilmente determinadas com a densidade desejada (TOMMASELLI, 2009).

## 2. OBJETIVO

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a fotogrametria como ferramenta de mensuração digital do diâmetro de fustes de árvores a 1,30 metros de altura do solo em árvores individuais.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mensurar digitalmente o fuste de árvores.
- Avaliar a precisão das medidas digitais.
- Definir recomendações para uso da técnica.

### 2.3 JUSTIFICATIVA

O Brasil possui grandes extensões de áreas de mata, o que torna a fiscalização de áreas de exploração madeireira dificultosa para controle e conferência do material explorado pelos órgãos competentes. Além disso, o volume das árvores extraídas é muito grande, apresentando dificuldade na medição dos troncos, em decorrência das árvores possuírem diferentes formas de fuste, algumas pouco cilíndricas, com presença de sapopemas, muitas espécies diferentes, entre outras situações. Dessa forma surge a necessidade de metodologias para medição do material explorado, visando facilitar o trabalho de agentes, pois esse trabalho demandaria muito tempo pessoas.

A utilização de fotogrametria nesses casos, permite que poucas pessoas consigam vistoriar grandes áreas e volumes de madeira com o auxílio da tecnologia, dispensando algumas horas de trabalho a campo e buscando acurácia nos dados coletados. Assim, este trabalho busca corroborar com os estudos que envolvem a fotogrametria como um instrumento eficaz para utilização em mensurações de árvores de forma a facilitar o trabalho de fiscalização madeireira.

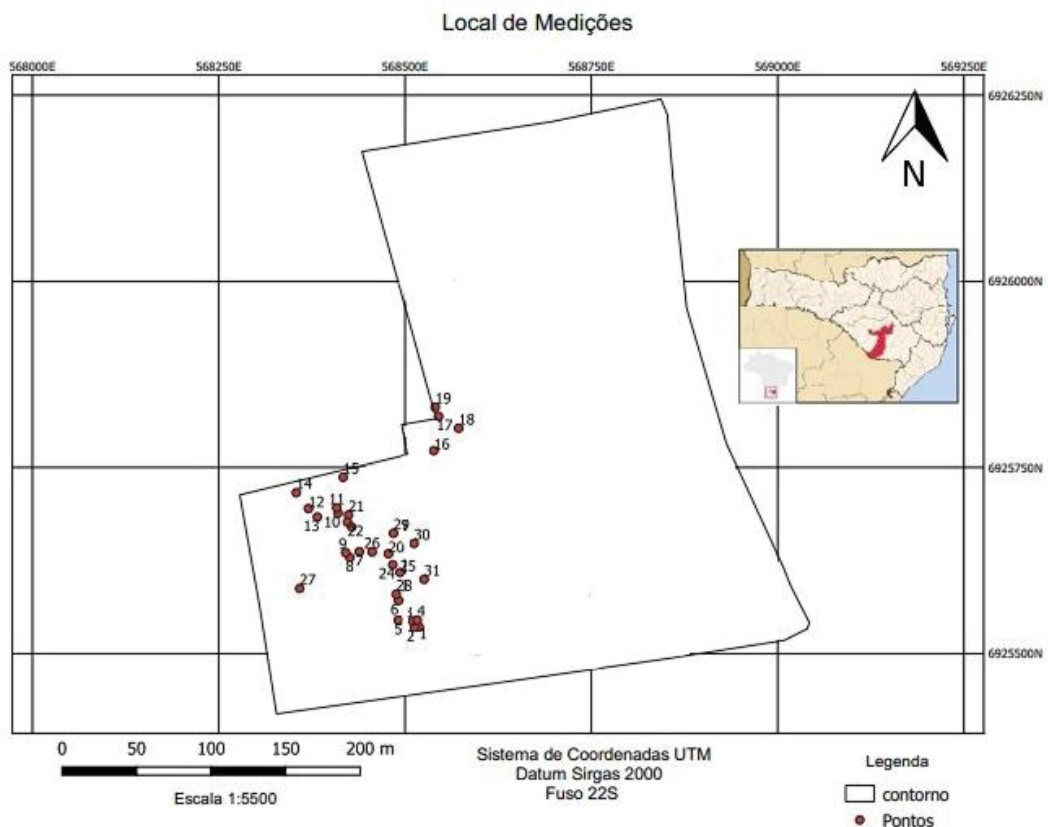
### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado nas dependências do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV-UDESC), em Lages-SC, avaliando árvores individuais que compõe a arborização da universidade, selecionadas ao acaso, considerando diferentes espécies e formas de fuste, para avaliação de desempenho da técnica de fotogrametria terrestre com uso de celular.

O local apresenta clima Cfb, pela classificação de Köppen (1948), com verão brando e inverno com geadas severas e frequentes, chuvas uniformemente distribuídas, sem estação seca e precipitação de 1.100 a 2.000 mm. Localiza-se na região serrana de Santa Catarina, a 916 metros de altitude, com formação florestal de Floresta Ombrófila Mista e mosaicos com campo nativo, apresenta topografia suave a ondulada e solo do tipo Cambissolo húmico, predominantemente no local.

Na Figura 1 observa-se a identificação do local de coleta de dados. Buscou-se utilizar diferentes espécies para identificação de dificuldades de definição de diâmetro por conta de dimensões, casca, tortuosidade, entre outras variáveis.

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DAS ÁRVORES MENSURADAS NO ESTUDO.



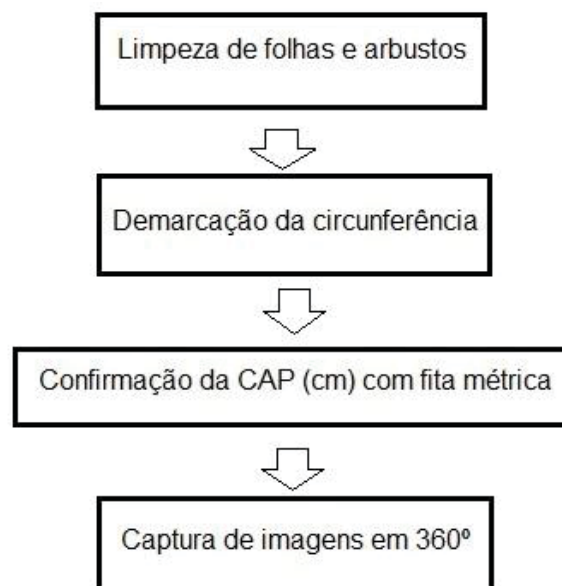
Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

A coleta de dados ocorreu por meio de captura de fotografias para cada indivíduo, realizada em 360°, mantendo a altura de captura e o ritmo de passagem em passos de aproximadamente um metro. Foram realizadas medições em 31 árvores da arborização, coletando a circunferência a altura do peito (CAP) de cada indivíduo, assim como colocado ao lado de cada árvore um objeto de medida de referência para calibração das imagens geradas em 3D (gabarito).

O processamento ocorreu em três etapas: a sessão de fotos, onde se realiza a coleta de fotos do indivíduo, processamento em software especializado para a produção das nuvens de pontos, representação do sólido 3D e o trabalho de pós-processamento, onde são corrigidas as imperfeições e obtidas as imagens calibradas.

O procedimento para o escaneamento 3D seguiu os seguintes passos:

FIGURA 2: PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS.

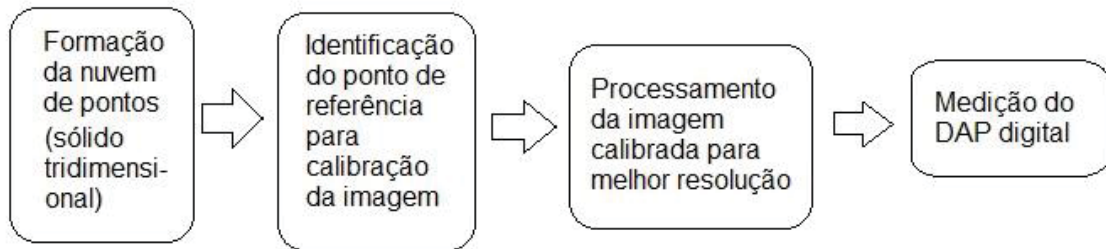


Fonte: Elaborado pela autora (2019).

As imagens foram capturadas com auxílio de um Smartphone Samsung Galaxy J5 a uma distância regular de aproximadamente 3 m do indivíduo e na altura do observador (aproximadamente 1,60 metros em relação ao solo).

Os dados coletados de cada um dos indivíduos foram processados em software de fotogrametria digital - Pix4D Mapper - para criação da nuvem de pontos tridimensionais ou também conhecidas como Point Cloud Data (PCD), seguindo o processamento descrito na Figura 3.

FIGURA 3: PROCESSAMENTO DAS IMAGENS.



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Cada um dos objetos tridimensionais foi processado para manipulação e ajuste em escala real do objeto tridimensional, usando como ponto de calibração a demarcação da referência utilizada em cada sessão de fotos.

As árvores amostradas tiveram seu fuste processado com média de 16 fotos. As variações no número de fotos ocorreram devido a excentricidades de alguns indivíduos, buscando detalhar isso, e devido a obstáculos, como muros e cercas.

A Figura 4 trata-se de uma imagem gerada no programa de processamento, que demonstra os detalhes que se pode avaliar, como a qualidade visual, altura de bifurcação, presença de epífitas, detalhes de casca e formação do tronco. O sólido 3D é o primeiro resultado do processamento e serve de base para a calibração da imagem.

FIGURA 4 – EXEMPLO DE FORMAÇÃO DE SÓLIDO TRIDIMENSIONAL.

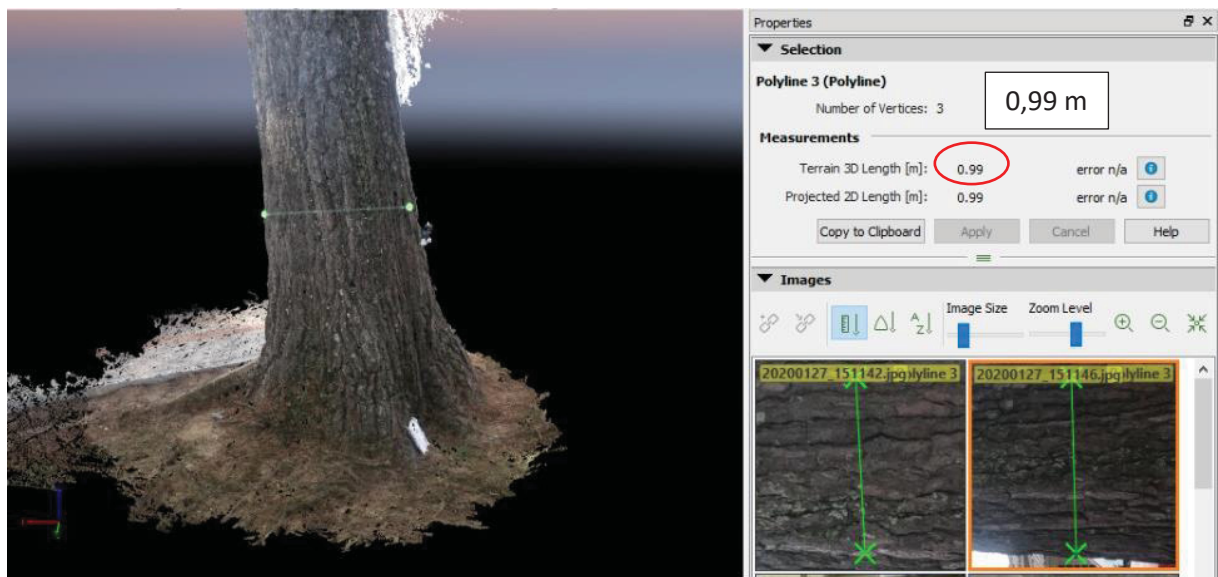


Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Após a formação do sólido, insere-se a calibração da imagem por meio da inserção da medida do objeto conhecido na imagem. Com o reprocessamento da imagem, mensura-se do diâmetro da árvore, por meio da formação de uma linha no ponto de DAP e o programa gera o resultado.

A Figura 5 demonstra a definição do diâmetro e o resultado indicado pelo programa. Após, é realizado a conferência do diâmetro digital com o medido no inventário.

FIGURA 5 – DEFINIÇÃO DO DIÂMETRO DIGITAL DA ÁRVORE.



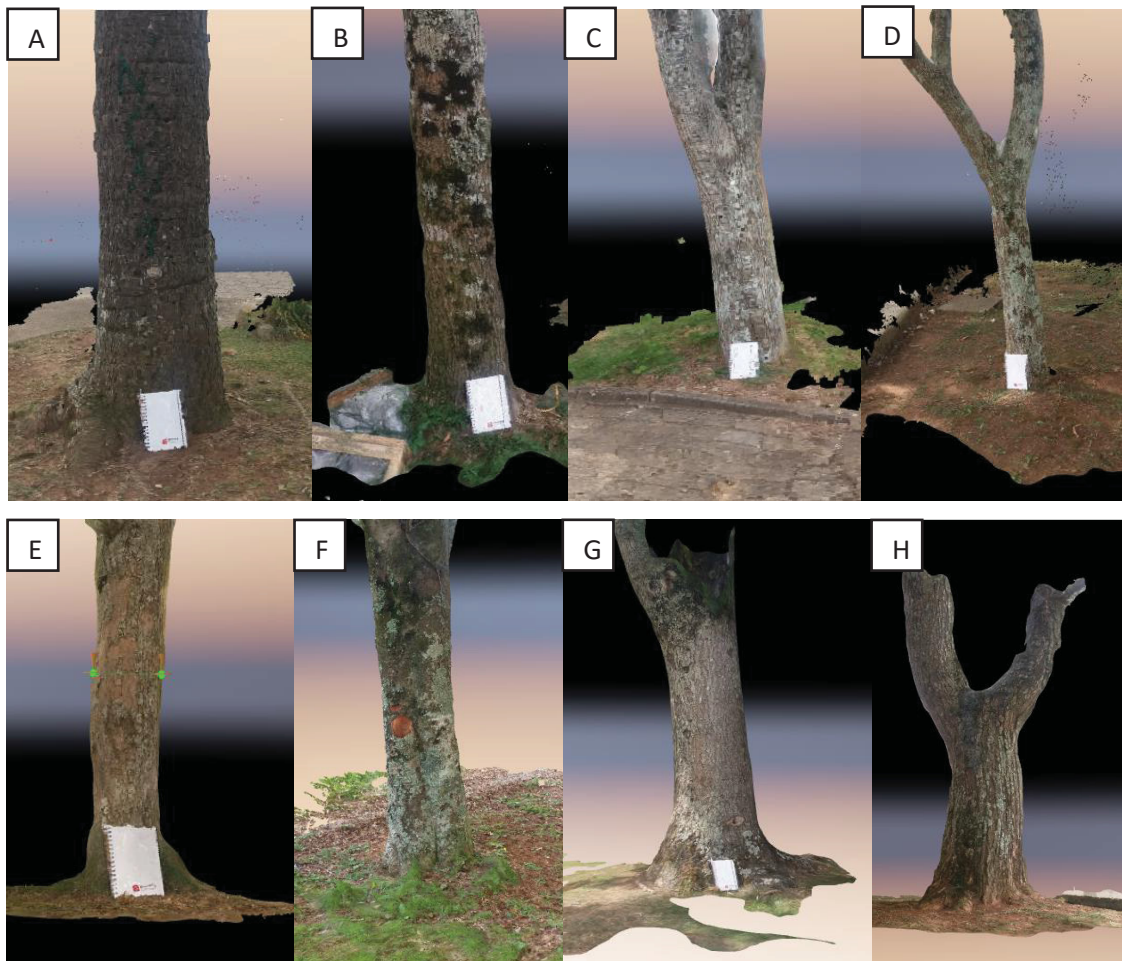
Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Com os dados obtidos das árvores pelo método de fotogrametria, realizou-se a comparação estatística com dados prévios de diâmetro coletados em inventário florestal. Para isso, avaliou-se a diferença de resultados entre os métodos, utilizando o Teste T, com nível de probabilidade menor que 0,05, em programa estatístico Sisvar.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 6 demonstra alguns resultados gerados pelo processamento das imagens. Pode-se notar que as imagens formadas apresentam boa definição para medição dos diâmetros e possui qualidade em detalhes numa amplitude de aproximadamente 3 m de altura do tronco.

FIGURA 6 – DEMONSTRATIVO DE IMAGENS GERADAS PELO PROGRAMA PIX4D.



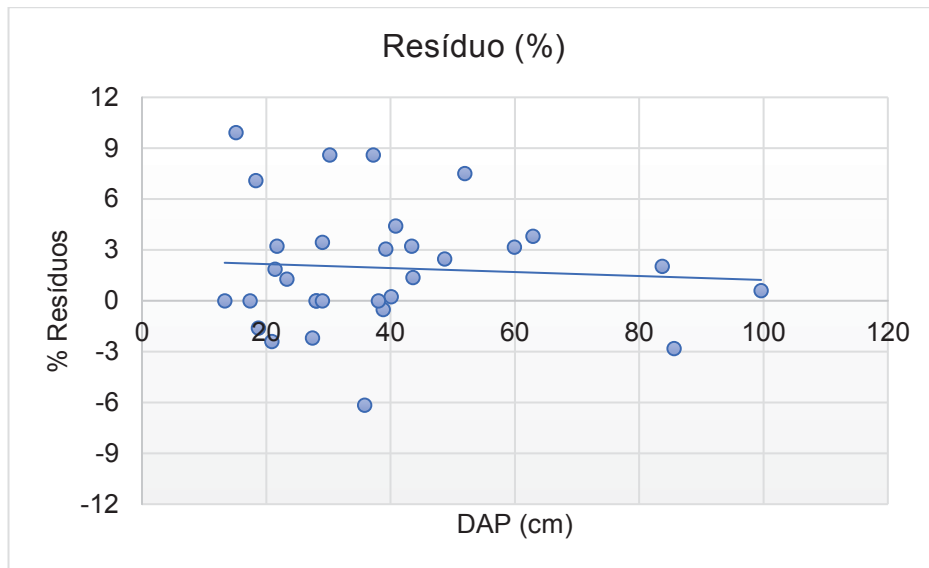
Nota: Imagem A: *Araucaria angustifolia*. Imagem B: *Handroanthus albus*. Imagem C: *Handroanthus albus*. Imagem D: *Handroanthus chrysotrichus*. Imagem E: *Handroanthus chrysotrichus*. Imagem F: *Cupania vernalis*. Imagem G: *Paulownia tomentosa*. Imagem H: *Tipuana tipu*.

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

O Gráfico 1 indica os resíduos calculados para os dados deste estudo. Percebe-se que houve semelhança nas medidas em grande parte das árvores utilizadas, porém apresentando uma tendência de subestimar as medidas reais dos troncos quanto menor for sua dimensão.



GRÁFICO 1 – GRÁFICO DE RESÍDUOS DOS DADOS.



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Realizou-se a análise estatística para verificação da acurácia dos dados, para avaliação quanto à utilização da metodologia de fotogrametria. A Tabela 1 indica os resultados encontrados.

TABELA 1 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.

Teste T	Inv. Florestal	DAP digital
<b>Média</b>	38,41935	37,25806452
<b>Variância</b>	451,1136	460,9958495
<b>Observações</b>	31	31
<b>Erro padrão</b>	3,814715	3,856272
<b>Correlação de Pearson</b>	0,996148	
<b>Hipótese da diferença de média</b>	0	

Fonte: Sisvar.

Os tratamentos não obtiveram diferença estatística pelo teste T ao nível de probabilidade menor que 0,05. Para os parâmetros avaliados, a metodologia apresenta resultados confiáveis, sendo uma ferramenta que possibilita medições semelhantes ao inventário convencional realizado a campo utilizando trenas ou sutas.

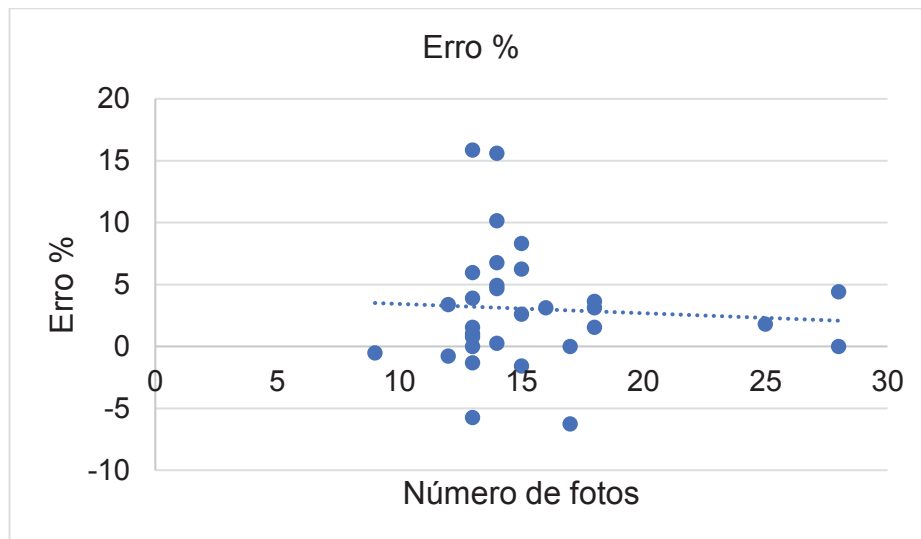
Esta metodologia tem grande uso potencial para árvores que apresentam galhos, bifurcação, sapopemas e demais características que prejudicam a medição do DAP, pela possibilidade de desconsiderar esses fatores no momento de realizar a



medição do diâmetro. Isso se deve ao fato de ser possível realizar uma “poda digital”, eliminando os defeitos e fazendo a leitura digital do diâmetro no ponto de interesse.

Por não ter sido utilizada quantidade fixa de imagens por indivíduo, avaliou-se a influência do número de fotos na qualidade final da medição. No Gráfico 2, tem-se demonstrado a relação entre o número de fotos por árvore e o erro nas medições.

GRÁFICO 2: NÚMERO DE FOTOS UTILIZADAS POR ÁRVORE X ERRO.



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Observa-se que o número de fotos não foi um fator primordial para a qualidade das medições, pois para um mesmo número de imagens se obteve discrepância de erros. Embora para alguns casos se obteve bons resultados com menor número de imagens, recomenda-se que se utilize no mínimo 20 imagens para cada indivíduo de maneira geral, para que haja um bom recobrimento, garantindo imagens com qualidade e facilidade para visualizar o ponto de medição do diâmetro, sem grandes prejuízos ao tempo de processamento.

Características do tronco influenciam na medição, onde árvores com tendência cilíndrica apresentaram melhores resultados com menor quantidade de fotos, enquanto árvores com tortuosidades, cascas rugosas e tronco irregular, com presença de nós, demandam mais fotos para se obter um detalhe maior para garantir precisão nas medidas.

Árvores com menor diâmetro precisam de recobrimento maior de sua forma, além de apresentar necessidade de maior processamento das imagens para formar um sólido mais uniforme, enquanto as demais necessitavam menos para a mesma

função. Árvores que apresentaram coloração semelhante ao sub-bosque ou a outros indivíduos também precisam de limpeza de pontos e maior cuidado ao realizar medições. Lamas (2018) observou que objetos com cores uniformes e saturadas são difíceis de digitalizar nas condições recomendadas de iluminação, ao que tudo indica isso resulta da baixa nitidez das arestas desses objetos nas fotografias finais.

Uma maior quantidade de fotos produz um resultado com mais detalhes, porém acresce o tempo de processamento exponencialmente, portanto deve-se tomar o cuidado para fotografar apenas o necessário para capturar os detalhes desejados (LAMAS, 2018).

Para Mauloni et al (2011), os erros em diâmetro variaram de -3 a +7 cm, sendo as maiores diferenças em função da altura de medição do diâmetro ao longo do tronco, ou seja, quanto mais alto o ponto de medição na árvore, maior o erro. Na consideração da variável altura da árvore nas imagens digitais, foi constatada uma diminuição na escala em alturas maiores do tronco, sendo que quanto mais alto o ponto de medição menor era a quantidade de pixels.

Buck (2016) observou tendências de subestimativas volumétricas de modelos tridimensionais com erros de até 32 % com dados obtidos com LiDAR terrestre. Gatzolis et al. (2010) verificaram subestimativas médias dos volumes de 21,29% com desvio padrão de  $\pm 10,25$  % quando usou dados de LiDAR terrestre (TLS) para medir diâmetros e estimar volumes através de equações volumétricas.

Em estudos realizados por Chaves (2016), as medições em altura apresentavam problemas com a definição correta dos diâmetros, portanto, não foi avaliado os diâmetros em altura, apenas na região do DAP. Com isso, seu uso é de utilização mais restrita a observação de objetos que estejam até aproximadamente 5 metros de altura. Essa medida é baseada em estudos que encontraram altura média de 6,54 m para uma mensuração confiável utilizando procedimento semelhante (CHAVES, 2016).

Além de diminuir a precisão das medidas, incluir altura maior de medição da árvore inclui um raio “limpo” maior, isto é, necessita-se que a árvore esteja isolada num raio maior, para que se consiga fotografá-la integralmente, sem estar encoberta por outras árvores ou arbustos.

Estudos indicam a necessidade de realizar uma “poda virtual”, como descrita por KLEMMT (2010) para que se realizasse a limpeza da nuvem de pontos antes da construção do modelo tridimensional devido a presença de galhos e arbustos que

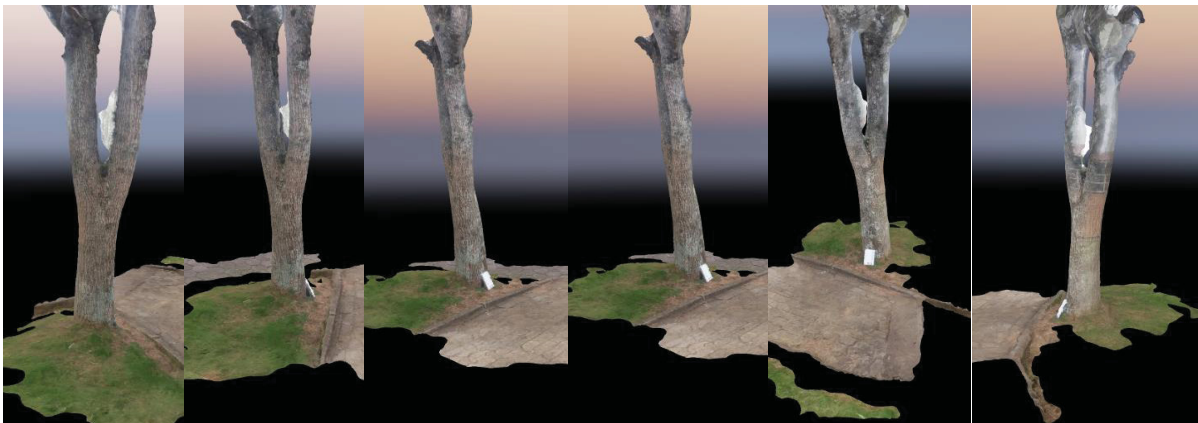
prejudicam a visualização do ponto de medição. Porém, como este trabalho utilizou a metodologia para verificação apenas do DAP das árvores, estando o sub-bosque limpo, não foi verificada necessidade de limpeza desses pontos.

A principal dificuldade encontrada por Mauloni et al (2011), na fase inicial da pesquisa, foi na identificação do local de medição dos diâmetros na árvore no processamento digital, ou seja, mostrar, de forma nítida na imagem, os locais medidos e que seriam considerados também na imagem. A fim de auxiliar nesse momento, o uso de tinta spray que se destaque na casca, ou gabaritos ao lado da árvore podem ser utilizados. Neste estudo, utilizando das imagens calibradas, traçou-se a medida de 1,30 m na árvore no próprio programa utilizado. Dessa forma, as medições das imagens processadas se deram sempre na mesma altura.

Mauloni et al (2011) sugerem a utilização da mira topográfica como meio de determinação da escala da imagem, sendo um procedimento simples e uma das suas vantagens é a não necessidade da distância horizontal entre a câmera e a árvore. Na ausência da mira topográfica, pode-se usar qualquer outra régua graduada. Além disso, o processo independe da distância focal usada na câmara no instante da tomada da fotografia.

Na Figura 7 tem demonstrado uma sequência de 360° uma árvore gerada pelo programa após processamento. Esse instrumento pode ser aplicado em árvores para definição do diâmetro mesmo sem o giro completo, podendo aplicar fotos em 180° com mesma utilização, como no caso de árvores em divisas com cercas ou muros, ou demais obstáculos. A técnica ainda permite dessa forma, coletar duas medidas de DAP, no caso de árvores que não sejam cilíndricas.

FIGURA 7 – RESULTADO DE UM GIRO DE 360° EM UMA ÁRVORE PROCESSADA DIGITALMENTE.



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Hipóteses encontradas na literatura para explicar uma falta de acurácia em algumas representações 3D são: presença de galhos e nós, baixa resolução de imagens, captura de imagens a distâncias irregulares do indivíduo a ser mensurado, luminosidade deficiente, baixa cobertura fotográfica do indivíduo, entre outras.

Como recomendação, a metodologia utilizada para formação de sólidos tridimensionais com softwares de fotogrametria digital deve buscar utilizar: câmera fotográfica de boa resolução (com GPS integrado, como no caso de Smartphones), definição de padrão na sequência e qualidade das imagens retiradas dos fustes, limpeza de galhos, luminosidade adequada (evitar áreas sombreadas ou escuras), teste de diferentes softwares para alcançar seu objeto de representação digital, seja para definição de diâmetro, áreas ou volumes.

Dentre as técnicas cartográficas utilizadas para a obtenção de dados e medidas, a fotogrametria é a que mais se destaca, pois tem a vantagem de possibilitar a aquisição de um grande volume de feições da cena por meio das fotografias. Outra grande vantagem é a possibilidade da medição de qualquer feição da fotografia a qualquer momento sem a necessidade de retorno ao local do levantamento (REISS, 2008).

Diante disso, esforços para tornar a técnica ainda mais acessível a nível de instituições e empresa como uso comum, incluem a automatização do processamento, tornando o processo mais rápido e sem a necessidade de intervenção humana para definição dos diâmetros e seleção das variáveis. Isso facilitaria o trabalho e um número muito maior de árvores poderiam ser processadas, justificando seu uso e operacionalidade.

Levando em conta outros usos possíveis para a técnica da fotogrametria para testes em futuros estudos estão: a mensurações de pilhas de madeira estocada ou cavaco dado a dificuldade de serem medidas em pátios, por exemplo, árvores de grandes dimensões (que necessitariam mais de uma pessoa para realizar mensuração) ou que possuam características que impeçam a medição do diâmetro a 1,3m como é o caso das árvores com sapopemas, seccionamento da árvore em estudos volumétricos, pela possibilidade de medir diâmetros a diferentes alturas e mesmo a definição das alturas, etc.

## 5. CONCLUSÕES

O uso da fotogrametria terrestre com uso de celular pode ser utilizado para medições de diâmetros de árvores com resultados acurados. Ela também permite que se obtenha maiores detalhes a respeito de cada indivíduo, como qualidade do fuste, altura de bifurcação, uso estético etc.

A possibilidade de utilização dessa metodologia para árvores com defeitos que prejudicam ou impedem a mensuração manual é o grande diferencial, gerando facilidade de trabalho, com acurácia e otimização de trabalho a campo.

A facilidade de processamento, sem a necessidade de grandes procedimentos e equipamentos, tanto de medição como processamento, permite que o trabalho de mensuração possa ser realizado em laboratório, com coleta de informações diretamente na árvore modelada, sem que se perca a ideia de realidade dos indivíduos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para melhoria da metodologia de coleta empregada neste trabalho, é importante:

- a) Estabelecer uma distância fixa até a árvore objeto e entre as fotos;
- b) Testar níveis de sobreposição das imagens, buscando otimização de tempo e trabalho;
- c) Utilizar uma máquina fotográfica com alta resolução de imagens;
- d) Fazer a calibragem da câmera fotográfica para que não haja distorção das imagens por foco ou luminosidade;
- e) Testar diferentes softwares de fotogrametria digital.

A ferramenta possui outros usos potenciais, que merecem atenção em estudos futuros, uma vez que apresenta flexibilidade de uso para diferentes objetos, formas e dimensões, em muitas áreas de conhecimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUCK, A. L. B. **Modelagem de dados laser scanner terrestre para estimativa do volume em plantios clonais de Eucalyptus spp.** 2016. 146 p. Tese (Manejo Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

CHAVES, A. G. S. **Modelagem Tridimensional (3d) De Fustes E Toras Comerciais De *Tectona Grandis* L.F.** 2016. 32p. Monografia (Especialização em Manejo Florestal de Precisão) – Universidade Federal do Paraná, 2016.

DRAP, Pierre. Underwater photogrammetry for archaeology. In: Special Applications of Photogrammetry. InTech, 2012.

GATZIOLIS, D.; POPESCU, S.; SHERIDAN, R.; KUB, N. W. **Evaluation of terrestrial LiDAR technology for the development of local tree volume equations.** Proceedings Silvilaser 2010: 10th International Conference on LiDAR Applications for Assessing Forest Ecosystems. Freiburg, Germany, 2010.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBA). **Sumário Executivo 2018.** Disponível em: > <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/digital-sumarioexecutivo-2018.pdf> <Acesso em: 22/08/2019.

KLEMMT, H. J.; SEIFERT, T; SEIFERT, S; KUNNEKE, A; WESSELS, B; PRETZSCH, H. **Assessment of branchiness in a Pinus pinaster plantation by terrestrial laser scanner data as a link between exterior and interior wood properties.** Proceedings Silvilaser 2010: 10th International Conference on LiDAR Applications for Assessing Forest Ecosystems. Freiburg, Germany, 2010.

LAMAS, C; DAVIS, S.; PATZLAFF, C.; PINHEIRO, R. **Digitalização 3D com Fotogrametria.** 4º SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN DA ESDI Rio de Janeiro, 08, 09 e 10 de outubro de 2018.

LUHMANN, Thomas et al. **Close range photogrammetry** . Wiley, 2007.

MAULONI, J. A. et al. **Investigação fotogramétrica em imagens digitais para cálculos dendrométricos**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.2368.

REISS, M. L.L. **O Potencial Da Fotogrametria Na UFRGS**. Série em Geomática, UFRGS, v. 2, p.055-065, 2008.

RIBAS, R. P. & ELMIRO, M. A. T. **Individualização De Árvores Em Ambiente Florestal Nativo Utilizando Métodos De Segmentação Em Modelos Digitais Produzidos A Partir Da Tecnologia Lidar**. *Revista Brasileira de Cartografia* (2013) N0 65/4: 717-729 Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto ISSN: 1808-0936

TOMMASELLI, A. M. G. Apostila: **Fotogrametria Básica – Introdução**. 2009. Disponível em: <  
[http://www.faed.udesc.br/arquivos/id\\_submenu/891/introducao\\_a\\_fotogrametria.pdf](http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/891/introducao_a_fotogrametria.pdf)  
>Acesso em: 20/08/2019.

WANG, C.; GLENN, N. F. A linear regression method for tree canopy height estimation using airborne LIDAR data. **Canadian Journal of Remote Sensing**, v. 34, n. 2, p. 217 – 227, 2008.