

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS DE CURITIBANOS  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Leandro Correa Pinho

**Avaliação de tecnologias na mensuração de abertura de dossel na  
Floresta Ombrófila Mista**

Curitibanos, SC

2021

Leandro Correa Pinho

**Avaliação de tecnologias na mensuração de abertura de dossel na  
Floresta Ombrófila Mista**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Marcelo Callegari Scipioni, Dr.

Curitiba, SC

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Pinho, Leandro Correa

Avaliação de tecnologias na mensuração de abertura de  
dossel na Floresta Ombrófila Mista. / Leandro Correa Pinho  
; orientador, Marcelo Callegari Scipioni, 2021.

34 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus  
Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal,  
Curitibanos, 2021.

Inclui referências.

1. Engenharia Florestal. 2. Engenharia Florestal. 3.  
Abertura de dossel. 4. Tecnologia . 5. Aplicativos. I.  
Scipioni, Marcelo Callegari . II. Universidade Federal de  
Santa Catarina. Graduação em Engenharia Florestal. III.  
Título.

Leandro Correa Pinho

**Avaliação de tecnologias na mensuração de abertura de dossel na Floresta Ombrófila Mista.**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia Florestal” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Florestal

Curitiba, 22 de abril de 2021.



Documento assinado digitalmente  
Mario Dobner Junior  
Data: 07/05/2021 13:56:18-0300  
CPF: 034.250.659-55  
Verifique as assinaturas em <https://s.ufsc.br>

**Prof. Dr. Mario Dobner Junior**  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**



Documento assinado digitalmente  
Marcelo Callegari Scipioni  
Data: 06/05/2021 16:45:33-0300  
CPF: 007.081.889-40  
Verifique as assinaturas em <https://s.ufsc.br>

**Prof. Dr. Marcelo Callegari Scipioni**  
Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente  
Alexandre Siminski  
Data: 07/05/2021 09:45:38-0300  
CPF: 022.101.149-85  
Verifique as assinaturas em <https://s.ufsc.br>

**Prof. Dr. Alexandre Siminski**  
Avaliador (a)

Universidade Federal de Santa Catarina

Para não ser injusto e possivelmente esquecer alguém que foi importante em algum momento dessa jornada, dedico esse trabalho a todos meus amigos que sempre me ajudaram e me deram forças para continuar. Dedico em especial a minha querida mãe Lucia, ao meu querido pai Mauro e ao meu querido irmão Mauricio que sempre se dispuseram a me auxiliar e tornar esse sonho possível.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais e irmão;

Ao professor Marcelo Scipioni por me auxiliar e orientar nesse trabalho;

Ao professor Alexandre Siminski pelo empréstimo dos equipamentos para a realização das atividades;

A Daniéli Wiesener por me auxiliar em correções;

Aos professores e demais colaboradores da UFSC pelo compartilhamento do conhecimento e de experiências profissionais;

A Universidade Federal de Santa Catarina e ao Estado Brasileiro por proporcionar o acesso à educação pública, gratuita e de qualidade.

## RESUMO

A Floresta Ombrófila Mista (FOM) cobria originalmente cerca de 45% do território do estado de Santa Catarina, sendo que nos dias atuais se encontra altamente fragmentada. Considerando o aumento da fragmentação das áreas nativas remanescentes e a importância desses ambientes para manutenção da biodiversidade, é necessário o conhecimento das dinâmicas dos meios florestais, tais como competição por luz, para que sejam manejados de forma eficiente as interações ecológicas silviculturais. A abertura do dossel é uma variável importante para o entendimento da regeneração de espécies vegetais e na composição florística dos ambientes florestais. Portanto, a cobertura de dossel proporciona qualidade, distribuição temporal e espacial da radiação solar incidente, influencia a temperatura e as condições de umidade do solo. Aplicativos de Smartphones foram criados para estimativas de abertura e cobertura de estruturas de comunidades e cultura de plantas nos últimos anos. Estes apresentam potencial de substituição de equipamentos convencionais como o Densímetro devido à acessibilidade e ao custo zero. Contudo, aferir e recomendar o uso dessas tecnologias ao meio florestal é necessário. Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar essas tecnologias de baixo custo para a mensuração da abertura/cobertura de dossel florestal comparando com o Densímetro esférico modelo A. Foram medidas as aberturas de dosséis para cada método em 55 pontos realizando 4 leituras por ponto em parcelas permanentes em fragmento de Floresta Ombrófila Mista, localizado no Campus Curitibanos da Universidade Federal de Santa Catarina. As médias das medidas de abertura de dossel de cada método foram comparadas por teste de estatísticos. Os resultados obtidos foram que o aplicativo *CanopyCapture* apresentou melhores resultados não diferindo estatisticamente do Densímetro; o *CanopyApp* demonstrou-se uma alternativa intermediária; o *Canopeo* apresentou pior desempenho, tendo grande variação e pouca precisão nos resultados. Foi possível concluir que, para o modelo de estudo proposto, apenas o *CanopyCapture* possui potencial para uso como substituto do Densímetro Florestal, ainda assim é necessário diferentes estudos para que se tenha uma maior confiabilidade na eficiência desse aplicativo em outras formações florestais.

**Palavras-chave:** Densímetro. Tecnologia. Canopeo. CanopyApp. CanopyCapture

## ABSTRACT

The Araucaria Forest originally covered about 45% of the territory of the state of Santa Catarina, and today it is highly fragmented. Considering the increased fragmentation of the remaining native areas and the importance of these environments for maintaining biodiversity, it is necessary to know the dynamics of forest environments, such as competition for light, in order to efficiently manage silvicultural ecological interactions. Canopy opening is an important variable for understanding the regeneration of plant species and the floristic composition of forest environments. Therefore, the canopy cover provides quality, temporal and spatial distribution of the incident solar radiation, influences the temperature and soil moisture conditions. Smartphone applications have been created to estimate the openness and coverage of community structures and plant culture in recent years. These have the potential to replace conventional equipment such as the Densiometer due to accessibility and zero cost. However, measuring and recommending the use of these technologies to the forest environment is necessary. Thus, the present study aimed to evaluate these low-cost technologies for measuring the canopy opening / covering by comparing with the spherical Densiometer model A. Dossier openings for each method were measured at 55 points, making 4 readings per point in permanent plots in a fragment of Mixed Rainforest, located on the Curitibanos Campus of the Federal University of Santa Catarina. The means of the canopy opening measurements for each method were compared by statistical test. The results obtained were that the CanopyCapture application presented better results, not differing statistically from the Densiometer; CanopyApp proved to be an intermediate alternative; Canopeo performed worse, with great variation and little precision in the results. It was possible to conclude that, for the proposed study model, only CanopyCapture has the potential to be used as a substitute for the Forest Densiometer, yet different studies are necessary to have greater reliability in the efficiency of this application in other forest formations.

**Keywords:** Densiometer. Technology. Canopeo. CanopyApp. CanopyCapture

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1	OBJETIVOS.....	10
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
2.1	APLICATIVOS NA ENGENHARIA FLORESTAL .....	11
2.2	ABERTURA DO DOSSEL .....	12
2.3	ESTIMATIVAS DE ABERTURA DE DOSSEL POR IMAGENS .....	13
2.4	DENSIÔMETRO ESFÉRICO .....	14
2.5	USO DA ABERTURA DE DOSSEL NA FLORESTA OMBROFILA MISTA .	15
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>16</b>
3.1	LOCAL DO ESTUDO.....	16
3.2	MÉTODO DE AMOSTRAGEM .....	17
<b>3.2.1</b>	<b>Aplicativos.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Densiómetro Esférico - Modelo A .....</b>	<b>19</b>
3.3	ANÁLISE DOS DADOS.....	20
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>21</b>
4.1	FUNCIONALIDADE E USABILIDADE.....	21
4.2	COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS .....	24
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>29</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>30</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Considerando o aumento da fragmentação das áreas nativas remanescentes e a importância desses ambientes para manutenção da biodiversidade, é necessário o conhecimento das dinâmicas dos meios florestais, tais como competição por luz, água e nutrientes, para que sejam manejados de forma eficiente e obtenha êxito em sua preservação (CALEGARI *et al.*, 2010; BORGES *et al.*, 2004). Para isso, uma das variáveis que devem ser analisadas é as dinâmicas do dossel da floresta, que é a parte da cobertura superior da floresta formada pela sobreposição dos galhos e folhas das árvores, podendo assim ser analisado a abertura do dossel que representa a porcentagem do dossel da floresta que não é ocupada por componentes das copas, do mesmo modo essa porcentagem pode ser representada como cobertura do dossel onde o valor resultante é o complemento da porcentagem de abertura de dossel, ou seja, a cobertura de dossel representa a porcentagem que os componentes das copas ocupam no dossel da floresta (MARTINS, 2001; BUTLER, 2007; MORAES, 2014).

Novas tecnologias de fácil acesso podem ser ferramentas importantes para que se promova constante aprimoramento nas técnicas de manejo e conservação dessas áreas, facilitando coleta de dados e podendo aumentar a rapidez no processamento das variáveis avaliadas (FERRO; BONACELLI; ASSAD, 2006).

A abertura/cobertura do dossel é uma variável importante para o entendimento da regeneração de espécies vegetais e na composição florística dos ambientes florestais (CANTINHO, 2012; MORAES, 2014). Nos processos ecológicos e fisiológicos dos vegetais, a luminosidade pode influenciar de forma positiva ou negativa no estabelecimento de plântulas, sua variação proporciona formação de micro-habitats no interior da floresta podendo apontar como o motivo responsável a abertura de clareiras (LIMA, 2016). Portanto, a cobertura de dossel proporciona qualidade, distribuição temporal e espacial da radiação solar incidente, temperatura e condições de umidade do solo. Por sua vez, a quantidade e a forma de orientação de cada indivíduo em um determinado ambiente determinam a densidade do dossel e constituem os fatores primários, além do regime da radiação, também as trocas gasosas e energéticas entre o meio vegetal e atmosfera (GALVANI; LIMA, 2014).

Diante da incorporação cada vez mais ampla de tecnologias na área florestal, esse trabalho busca responder: aplicativos de smartphone são funcionais para analisar cobertura de

dossel? Utilizar ferramentas simples e de livre acesso são viáveis como ferramentas para estudos técnicos? Nos dias atuais os smartphones estão presentes no cotidiano de grande parte da população, esses aparelhos podem substituir ou auxiliar equipamentos específicos como um densiômetro florestal? Essas são algumas questões que este trabalho pretendeu elucidar através de testes e comparações a campo.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o desempenho de aplicativos voltados para a mensuração de abertura de dossel quando comparados com métodos tradicionais de avaliação.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Comparar a eficiência dos aplicativos, avaliando a praticidade de uso e qual/quais dos aplicativos possui potencial como alternativa ao Densiômetro esférico;
- Avaliar se o aplicativo *Canopeo* (desenvolvido para o uso agrícola), apresenta resultados satisfatórias para utilização em florestas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 APLICATIVOS NA ENGENHARIA FLORESTAL

Na engenharia florestal são utilizados aplicativos em diferentes em diferentes áreas, no manejo florestal (EMBRAPA FLORESTA, 2019), medições de arvores (HARFOUCHE *et al.*, 2019), manejo de erva mate (EMBRAPA FLORESTA, 2019), mapeamento de florestas degradadas (PINAGÉ, 2013), análise financeira e socioambiental de sistemas agroflorestais (EMBRAPA FLORESTA, 2019), densidade de dossel em fragmentos de floresta nativa e povoamento florestal (FRAZER; CANHAM; LERTZMAN, 1999; LIMA, 2016).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), é uma das grandes responsáveis pelo desenvolvimento de aplicativos e *Softwares* com o objetivo de auxiliar e facilitar práticas florestais. Alguns exemplos que podem ser citados são: o AnaliSAFs, desenvolvido para realização de diagnóstico da propriedade rural de acordo com as principais vulnerabilidades e oportunidades socioambientais, coleta de dados financeiros do sistema e da produção agroflorestal; Ferti-Matte desenvolvido para recomendações de adubação em erva mate, Manejo-Matte para diagnóstico e manejo de ervais, Planin-Matte para análises econômicas em plantios de erva mate; e *softwares* denominados “SIS”, desenvolvidos para manejo de precisão e análise econômica de florestas plantadas (EMPRAPA, 2019). Na mensuração da estimativa de altura de árvores, Harfouche *et al.* (2019), concluíram que a incorporação de aplicativos para *smartphones* é alternativa para uso em inventários florestais.

Os autores Saganuma *et al.* (2008), Sanches *et al.* (2008), Galvani e Lima (2014), utilizaram o aplicativo *Gap Light Analyzer 2.0* (GLA) na análise de abertura de dossel processando imagens hemisféricas e obtiveram resultados satisfatórios em suas metodologias. Lima (2016), utilizou o mesmo aplicativo para avaliar imagens capturadas com máquina fotográfica e com imagens de celular utilizando uma lente *fisheye clip*, tendo como resultados significativos a utilização do celular com o *clip*, o densiômetro e quadro reticulado. Para a realização de seus estudos Pinagé (2013), utilizou dois aplicativos para avaliar a abertura de dossel, o GLA e o FV-2000 que foi utilizado para interpretação dos dados gerados por sensores LAI-2000.

## 2.2 ABERTURA DO DOSSEL

A disponibilidade de luz no sub-bosque da floresta sofre influência conforme a estrutura e a dinâmica do dossel, sendo que tais características do dossel sofrem distinções entre os diversos estágios sucessionais (SCHÜLER, 2016). Em seu estudo Cintra (2007), classifica como estágio inicial onde apresenta formação fisionômica herbáceo-arbustiva com cobertura aberta ou fechada, o estágio médio possui fisionomia arbustivo-arbóreo com cobertura fechada e estágio avançado com fisionomia arbórea com cobertura fechada formando um dossel relativamente uniforme no porte. Para o entendimento na progressão da restauração florestal, estudos das relações entre a abertura do dossel e a regeneração natural em áreas de restauração podem fornecer importantes informações sobre a influência da luminosidade nessas áreas avaliadas (SCHÜLER, 2016).

A heterogeneidade do habitat pode alterar as chances de crescimento e de sobrevivência de uma planta, dependendo de sua posição no espaço (STEFANI *et al.*, 2011). O estabelecimento de uma comunidade depende da produtividade do habitat, porém tal produtividade não depende somente da disponibilidade de luz, pois os níveis de luz normalmente excedem os pontos de saturação da maioria das plantas e assim, a produção pode ser limitada pela disponibilidade de outros recursos como água e nutrientes (BEGON *et al.* 2006).

Em relação à disponibilidade de luz as espécies possuem exigências ecológicas diferentes para seu estabelecimento, pois apresentam plasticidade fenotípica respondendo de maneira diferente de acordo com o ambiente (STEFANI *et al.*, 2011). A luz é reconhecidamente muito variável em intensidade e qualidade no espaço e no tempo, podendo ser influenciada pela cobertura vegetal e pelas suas dinâmicas (MELO; MARTINS, SANTOS, 2007; ARMELIN; MANTOVANI, 2001).

A avaliação das variações espaciais horizontais e verticais na abertura de dossel é uma importante informação em estudos relacionados à heterogeneidade ambiental em tempo real e temporal (BIANCHINI; PIMENTA; SANTOS, 2001). É possível citar como exemplo de acompanhamento temporal a formação de clareiras, que são perturbações de origem natural ou antrópica, que é característico da dinâmica da floresta e promovem aberturas no dossel pela

queda de árvores, sendo progressivamente colonizadas por indivíduos jovens de diferentes espécies (ARRUDA; CUNHA, 2012).

Outra aplicação importante dessa variável é as definições dispostas na Resolução nº 4, de 4 de maio de 1994 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que possui como ementa:

“Define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de atividades florestais no estado de Santa Catarina.”

Dentro das definições estabelecida pela Resolução CONAMA 04/1994, pode-se pontuar o parâmetro de cobertura do dossel para vegetação secundária em: estágio inicial de regeneração: “Fisionomia herbáceo/arbustiva de porte baixo; altura total média até 4 m, com cobertura vegetal variando de fechada a aberta”, estágio médio de regeneração: “Cobertura arbórea variando de aberta a fechada, com ocorrência eventual de indivíduos emergentes”, e estágio avançado de regeneração: “Fisionomia arbórea dominante sobre as demais, formando um dossel fechado e relativamente uniforme no porte, podendo apresentar árvores emergentes; altura total média de até 20 m” (CONAMA, 1994).

### 2.3 ESTIMATIVAS DE ABERTURA DE DOSSSEL POR IMAGENS

A quantificação da abertura do dossel pode ser obtida a partir de produtos de sensoriamento remoto. As imagens de satélites utilizando os índices de vegetação e combinações de bandas espectrais específicas é possível gerar valores de abundância de vegetação para um dossel analisado (MORAES, 2014). A quantificação também pode ser realizada por fotos hemisféricas capturadas sob o dossel que se almeja avaliar, que após serem processadas são capazes de estimar a fração de abertura de dossel. Esse parâmetro possui forte correlação com o índice de área foliar (IAF), que está relacionado com a transpiração e a fotossíntese das plantas, que são processos fundamentais para a compreensão do crescimento de uma floresta (MATOS, 2015; MONTEIRO; SOUZA, 2009).

As fotografias hemisféricas vem sendo cada vez mais utilizadas em uma variedade de ambientes com diferentes formações para estimar a cobertura do dossel da floresta nativa e povoamentos comerciais (GARCIA *et al.*, 2018; MONTEIRO; SOUZA, 2009; SUGANUMA *et al.*, 2008; MONTE *et al.*, 2007). O uso de fotografias hemisféricas é uma técnica objetiva,

com boa precisão e uma maneira rápida de analisar a vegetação (FERREIRA, 2012). Além disso, as fotografias hemisféricas servem como um banco de dados da geometria da abertura do dossel (RICH, 1990)

As fotografias hemisféricas têm sido usadas em trabalhos ecológicos, como em monitoramento de áreas manejadas, analisando áreas com diferentes níveis de perturbação pelo corte de árvores (MONTEIRO ; SOUZA, 2009), em povoamentos e tratamentos silviculturais (MATTOS, 2015; MONTE *et al.*, 2007), no estabelecimento de plântulas influenciadas pela heterogeneidade da luminosidade no sub-bosque (MARTINI, 2002) e também em estudos sobre como a estrutura do dossel resultante de variações na distribuição da luz em uma determinada área ao longo de um período (GARCIA *et al.*, 2007).

Na agricultura, a utilização de aplicativos que estimam a cobertura verde através de imagens capturadas em tempo real se demonstrou eficiente em alguns trabalhos, como no estudo realizado por Lollato *et al.* (2015), que apresentaram a proposta de melhoramento no gerenciamento de pastoreio usando o aplicativo *Canopeo* com uma boa resposta de eficiência. Yellareddygari e Gudmestad (2017), utilizaram o mesmo aplicativo para avaliar os sintomas de murcha de *Verticillium* na batata, que foram estimados utilizando a estimativa de cobertura verde gerada a cada acompanhamento. Chung *et al.* (2017), utilizaram fotos digitais capturadas com uma câmera convencional e trataram das mesmas com o aplicativo *Canopeo*. Os autores obtiveram boa estimativa de biomassa de sorgo. Os resultados encontrados no estudo indicam fortemente que a análise de imagens digitais pode substituir o intenso trabalho de coleta e mensuração convencional relacionados à biomassa. Até o presente momento não foram encontrados trabalhos relacionando esse aplicativo para tratamento de imagens em áreas florestais.

## 2.4 DENSIÔMETRO ESFÉRICO

O densiômetro esférico é utilizado em diversos estudos sobre a abertura do dossel ou que essa seja uma variável fundamental, como em estudos sobre estoque de carbono em florestas (ZELARAYÁN *et al.*, 2015), estudos de efeito de borda (SCIPIONI *et al.*, 2018), caracterização fitossociológica (CORDEIRO ; RODRIGUES, 2007), em avaliação de cobertura de dossel e luminosidade no sub-bosque de florestas (SUGANUMA *et al.*, 2008, GARCIA *et*

*al.*, 2007), análise de dinâmica de fragmentos florestais (CALEGARI *et al.*, 2010), manejo de espécies nativas (MARQUES *et al.*, 2012) e análises de estrutura ecológica em áreas de preservação (ALMEIDA, 2015).

Segundo Guilherme (2000), quando se deseja obter a influência do dossel florestal em um local de interesse, métodos de medições angulares com o densiômetro esférico, são bastante adequados. Em seu trabalho, Marques *et al.* (2012) pontua a escolha do densiômetro esférico pela vantagem em relação a outros métodos de leitura de cobertura do dossel. Este aparelho tem como vantagem não ser influenciado pela variação do clima, como a movimentação de nuvens durante o dia, como acontece na utilização de instrumentos para medir a radiação fotossinteticamente ativa incidente (GUILHERME, 2000).

## 2.5 USO DA ABERTURA DE DOSSSEL NA FLORESTA OMBROFILA MISTA

A Floresta Ombrófila Mista (FOM) cobria originalmente cerca de 45% do território do estado de Santa Catarina, sendo que nos dias atuais se encontra altamente fragmentada (VIBRANS *et al.*, 2013). A FOM tem como principal característica fisionômica a presença de gimnospermas, tendo a *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze como sua principal representante nessa formação florestal (CORDEIRO; RODRIGUES, 2007).

Diante da atual realidade de degradação, a conservação da biodiversidade e dos seus remanescentes demanda discussões imediatas, e estudos sobre a composição e a estrutura dos mesmos fornecem informações básicas para que sejam tomadas decisões para aplicação de técnicas de manejo florestal ou conservação destes (VIBRANS *et al.*, 2013).

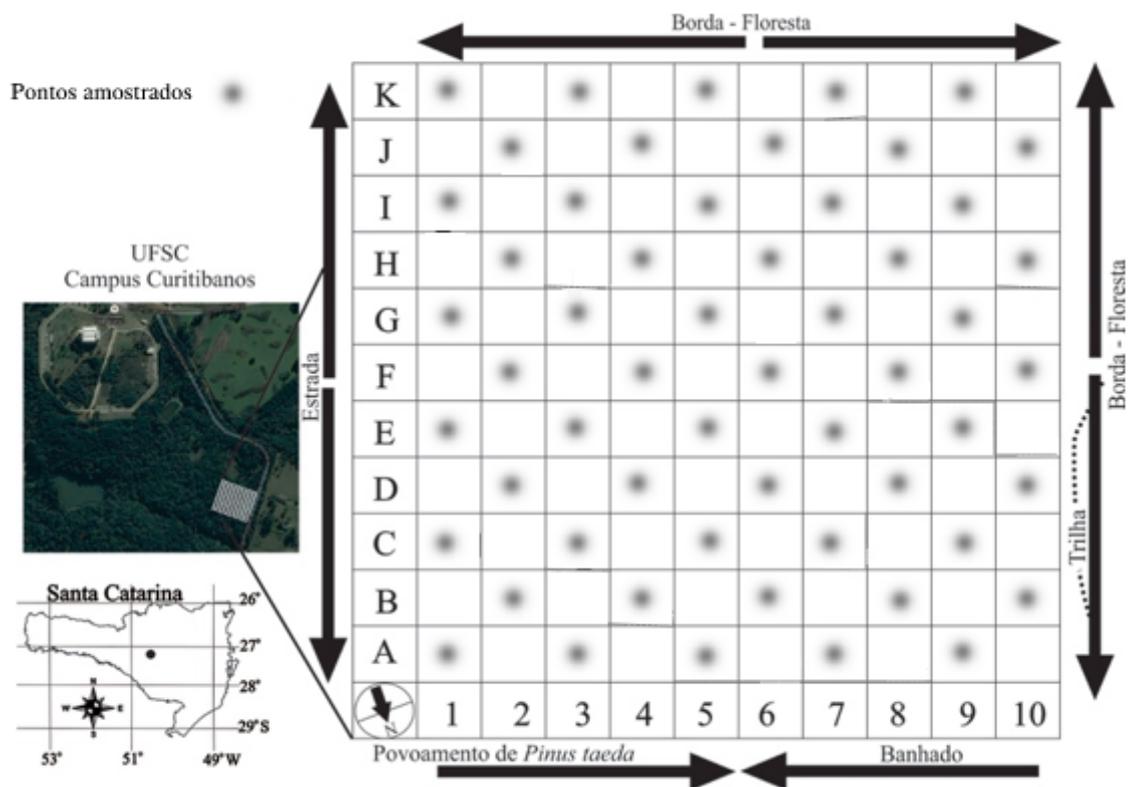
Nos resultados obtidos por Vibrans *et al.* (2013), os autores ressaltam a importância do estudo de variáveis como a abertura de dossel e a influência que o mesmo causa nas dinâmicas da floresta. Os mesmos autores observaram uma variação alta na formação dos dosséis dos fragmentos analisados, encontrando de florestas com dossel fechado, semifechado, até dosséis abertos, variando entre contínuos e descontínuos.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 LOCAL DO ESTUDO

O estudo foi realizado em fragmento de Floresta Ombrófila Mista, localizado na área de preservação da sede do Campus Curitibanos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), com aproximadamente 8 hectares nas coordenadas geográficas: 27°17'12.8"S e 50°31'57.5"W, e elevação 1100 m de altitude. Foram amostrados 55 pontos em parcelas permanentes de 100 m<sup>2</sup> (Figura 1) (SCIPIONI *et al.*, 2018). O clima da região de Curitibanos é do tipo Cfb, segundo a classificação de Köppen, temperado mesotérmico úmido, sem estação seca, com verão ameno e invernos rigorosos com geadas severas. Temperatura média anual 16 – 17 °C, umidade relativa do ar (média) 80 a 82% e precipitação média anual 1.500 a 1.700 mm (EPAGRI, 2003).

Figura 1 – Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana estudado no município de Curitibanos, Santa Catarina e a localização das parcelas para avaliação de abertura de dossel.



Fonte: Adaptado de SCIPIONI *et al.* 2018.

### 3.2 MÉTODO DE AMOSTRAGEM

Para a avaliação da abertura de dossel foram utilizados um densiômetro florestal esférico convexo (LEMMON, 1957) e 3 aplicativos para smartphone (*CanopyApp*, *CanopyCapture* e *Canopeo*). O smartphone utilizado foi um Motorola G7 Power com câmera de 13 megapixels. Para posicionamento do smartphone e Densiômetro foi utilizado um tripé de metal, nivelado previamente a 150 cm do nível do solo.

Para facilitar a leitura do densímetro e obter as imagens de abertura de dossel foram realizadas as medições em horários com maior incidência de radiação solar, no horário entre 10 horas às 15 horas, em dias com céu sem nebulosidade. O intervalo de leitura de abertura do dossel, entre a primeira e a última, foi de 04 dias, no período entre 05/03/2021 a 08/03/2021. Esse período curto de obtenção de dados visa diminuir a variabilidade de luminosidade estacional.

As coletas dos dados foram constituídas de 4 imagens no mesmo ponto para processamento de valor médio de abertura de dossel para os três aplicativos: *CanopyApp* versão 1.0.4, *CanopyCapture* versão 1.0.2 e *Canopeo* versão 1.1.7. O Densiômetro Esférico Modelo "A" foi utilizado como parâmetro testemunha, seguindo as recomendações descritas pelo fabricante, a orientação pelos pontos cardeais foi determinada com o auxílio de uma bússola, pontos estes também utilizados na orientação para a captura das imagens dos aplicativos. No centro de cada parcela foram localizados os pontos cardeais e posicionados os equipamentos, realizando a mensuração de abertura de dossel inicialmente com o Densiômetro e em seguida com os aplicativos *CanopyCapture*, *CanopyApp* e *Canopeo*, sempre nessa ordem, sendo realizado 4 leituras por ponto para cada respectivo método. Para o Densiômetro foi apenas anotado os valores para posteriormente realizar os cálculos necessários, já os aplicativos fornecem a porcentagem de abertura em tempo real.

#### 3.2.1 Aplicativos

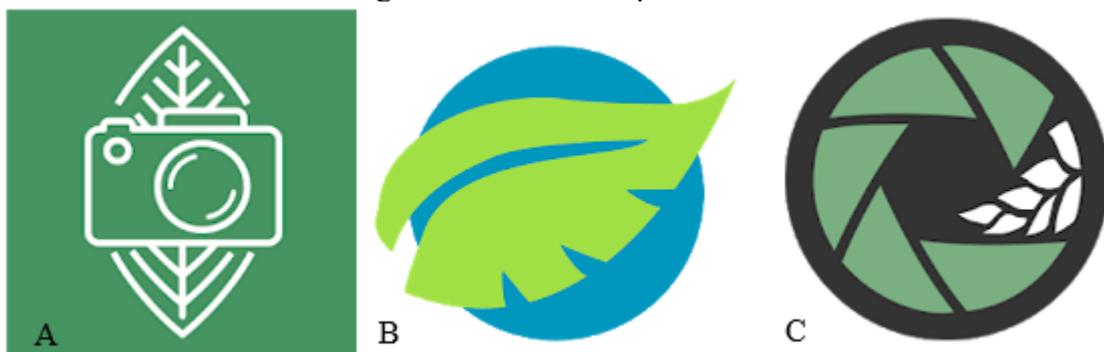
Os aplicativos utilizados neste estudo: *CanopyApp* versão 1.0.4, *CanopyCapture* versão 1.0.2 e *Canopeo* versão 1.1.7. Estão disponíveis para os sistemas operacionais Android e IOS. O primeiro, *CanopyApp* versão 1.0.4, é um aplicativo desenvolvido pela Universidade

de New Hampshire, foi planejado para ser uma ferramenta de análise de dossel de forma prática, utilizando o giroscópio do smartphone como referencial para nivelamento do aparelho na hora da captura da imagem e garantir maior precisão das análises. Para o download basta realizar uma busca por “*CanopyApp*” na Google Play Store ou iPhone App Store de acordo com seu sistema operacional.

O segundo aplicativo, o *CanopyCapture* versão 1.0.2, disponível para download no site <https://nikp29.github.io/CanopyCapture/>, foi desenvolvido por Nikhil Patel com contribuição de Billy Pierce, projetado para cientistas e pesquisadores florestais obterem medições precisas da cobertura do dossel, sendo uma ferramenta intuitiva e precisa para medir instantaneamente a cobertura do dossel.

O último aplicativo utilizado foi o *Canopeo* versão 1.1.7, disponível para download no site <https://canopeoapp.com>. Esse foi desenvolvido por colaboração da Divisão de Ciências Agrícolas e Recursos Naturais, o OSU App Center e o grupo de pesquisa de Física do Solo da Universidade Estadual de Oklahoma (OSU). O *Canopeo* permite determinar com precisão a porcentagem da cobertura do dossel em tempo real, de modo que o usuário pode monitorar precisamente o progresso da cultura e tomar decisões de gestão informadas. O desenvolvedor coloca como aplicações potenciais quantificar a cobertura de pequenos grãos e culturas de linha, avaliação dos danos causados pelo congelamento de culturas, granizo, ou de herbicidas.

Figura 2 – Ícone dos aplicativos.



Onde: “A” é referente ao aplicativo *CanopyCapture*; “B” referente ao aplicativo *CanopyApp*; e “C” referente ao *Canopeo*.

Fonte: Google Play Store.

### 3.2.2 Densiômetro Esférico - Modelo A

O Densiômetro Esférico Modelo A (Figura 3) é fabricado com um espelho convexo, com finalidade de refletir a copa das árvores para quantificar a densidade de dossel de uma floresta. Na superfície do espelho são gravados 24 quadrados de 1/4" x 1,4" que, ao olho do observador, devem ser imaginariamente subdivididos em 4 quadrados menores de 1/8" x 1/8", totalizando 96 quadrados que podem ser contados (FREITAS *et al.*, 2017).

Para fazer a leitura dos pontos é necessário que haja uma distância, em nível, entre o instrumento e o corpo do observador (de 30 a 45 cm), de forma que sua cabeça não fique dentro da grade espelhada. Os pontos contados devem ser multiplicados por 1,04 para obter em porcentagem aérea o espaço não ocupado pelas copas das árvores, sendo que a diferença do valor calculado e o valor de 100 representa a densidade do dossel em porcentagem. A leitura deve ser feita nas direções norte, sul, leste e oeste, sendo que o valor de cada ponto é calculado a partir da média dos quatro valores obtidos pela multiplicação já realizada (LEMMON, 1957). Por ser um equipamento já conhecido e considerado eficiente no meio científico (MATIAS, 2019; BONAMICO, 2017; LIMA, 2016; SUGANUMA *et al.*, 2008; SALM, 2005), ele foi usado como “testemunha” para avaliar o desempenho dos aplicativos testados, sendo utilizado sempre pelo mesmo observador para que não haja variação na leitura dos dados que possuem interpretação pessoal de cada leitor.

Figura 3 – Densiômetro florestal esférico convexo - Modelo A.



Fonte: O autor (2021).

### 3.3 ANÁLISE DOS DADOS

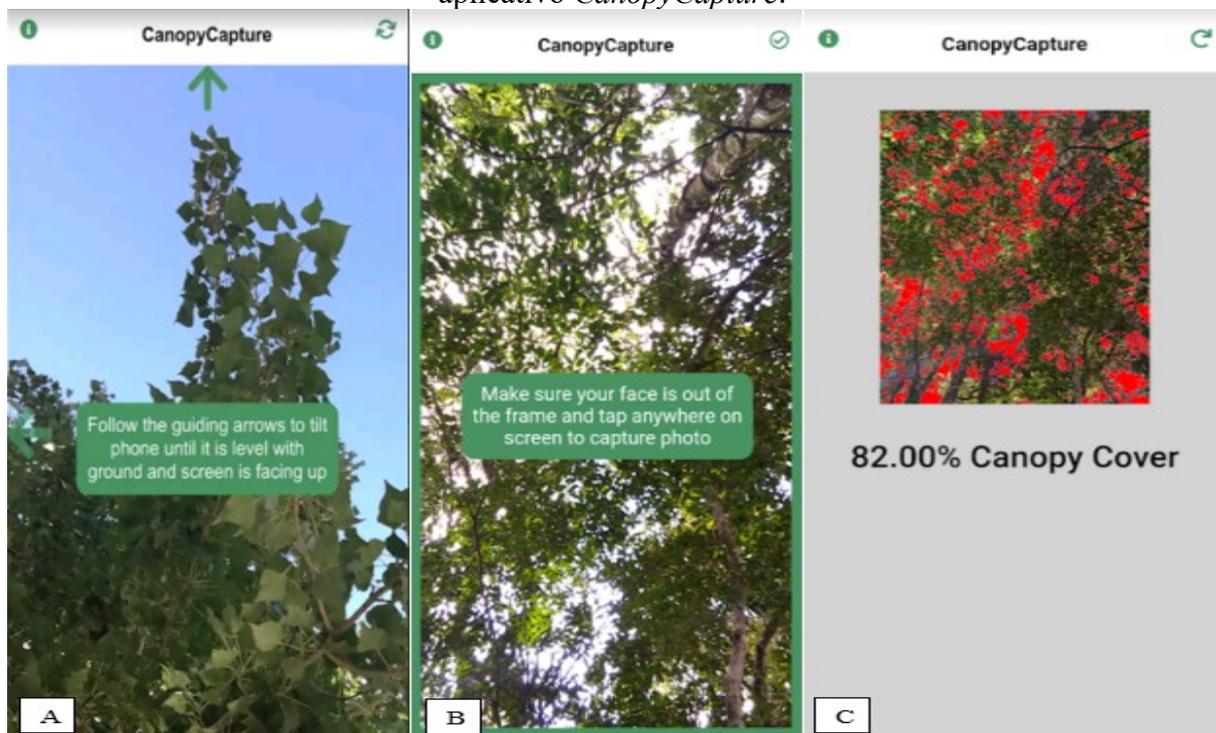
Os dados coletados foram organizados e armazenados em planilha Excel, sendo realizado o cálculo das médias para cada ponto coletado (Tabela 1). No software R foi avaliado a distribuição dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk, para observar se os mesmos possuem distribuição normal. Utilizando o mesmo software estatístico foi avaliado a variabilidade de cada método e realizada uma análise de variância (ANOVA) e para a visualização das diferenças estatísticas apresentadas, efetuado um teste de comparação de médias (teste de Tukey).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 FUNCIONALIDADE E USABILIDADE

O aplicativo *CanopyCapture* apresentou maior facilidade de uso em comparação aos demais, pois o mesmo auxilia o nivelamento do aparelho e não necessita de ajustes manuais. Na figura 4 é possível observar como ele funciona, onde na Figura 4 “A” possui a mensagem e as setas indicando o direcionamento do smartphone para que ele fique nivelado com o solo e a tela voltada para cima. Na Figura 4 B, demonstra quando as bordas estão verdes basta tocar em qualquer ponto da tela para que a imagem seja capturada e processada. Na Figura 4 C é demonstrado o resultado do processamento da imagem, onde as partes em vermelho correspondem a luz onde não possui folhas e galhos e as demais partes sem coloração digital representam as estruturas que compoñham a copa das árvores, fornecendo de forma imediata os valores percentuais da cobertura do dossel.

Figura 4 – Sequência do processamento da imagem para estimativa de cobertura de dossel do aplicativo *CanopyCapture*.

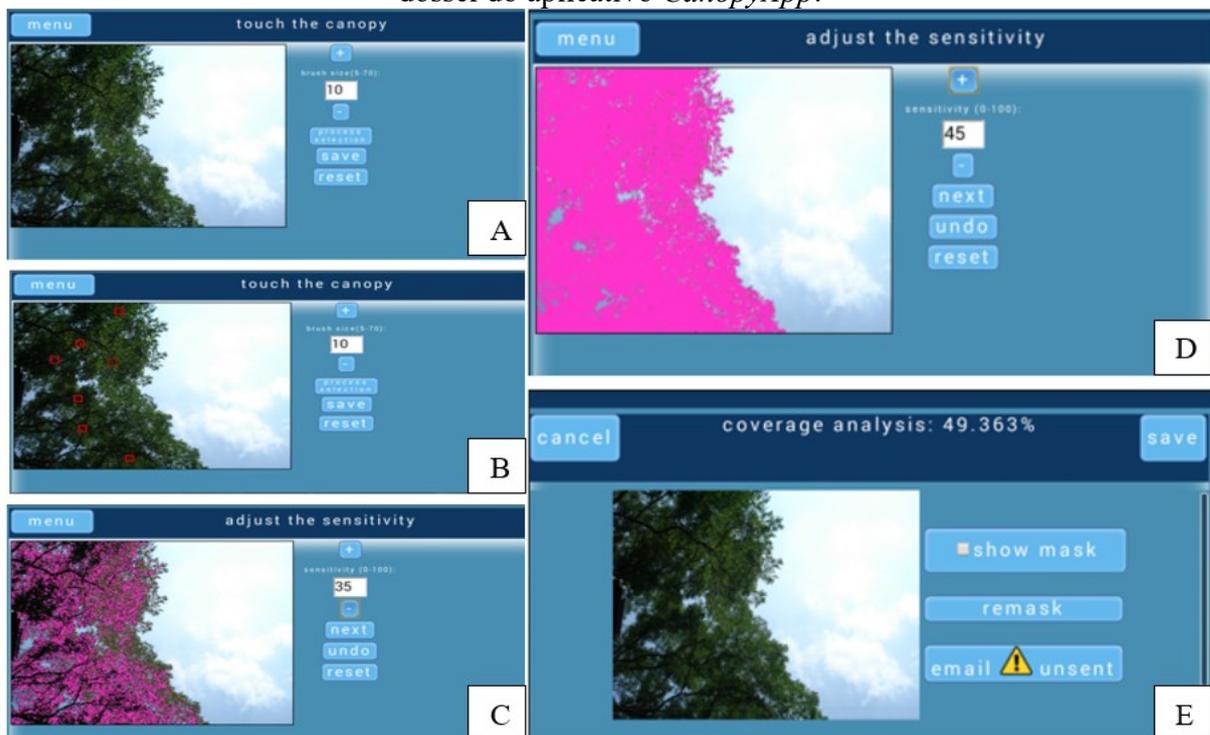


Onde: “A” tela inicial orientando o nivelamento; “B” tela inicial indicando que o aparelho está nivelado; “C” resultado do processamento da imagem e % de cobertura do dossel.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O *CanopyApp* necessita de uma calibração manual, sendo este o que demanda mais tempo para utilização. Após a captura da imagem, é aberta uma guia para que se demonstre o que é cobertura verde selecionando pontos na imagem para que o aplicativo consiga calcular a cobertura do dossel. Com os pontos da imagem selecionados foi realizado um ajuste de sensibilidade, onde este pode ser aumentado ou diminuído, dependendo da resposta do aplicativo. Nos casos em que a área de cobertura das copas foi considerada pelo aplicativo menor que a real, foi preciso aumentar a sensibilidade para que o algoritmo considerasse mais partes como cobertura, já nos casos que ocorreu superestimação da cobertura o processo foi feito de forma inversa. Com as imagens calibradas, elas foram salvas e apresentaram a porcentagem de cobertura de cada ponto (Figura 5).

Figura 5 – Sequência do processamento da imagem para estimativa de cobertura de dossel do aplicativo *CanopyApp*.



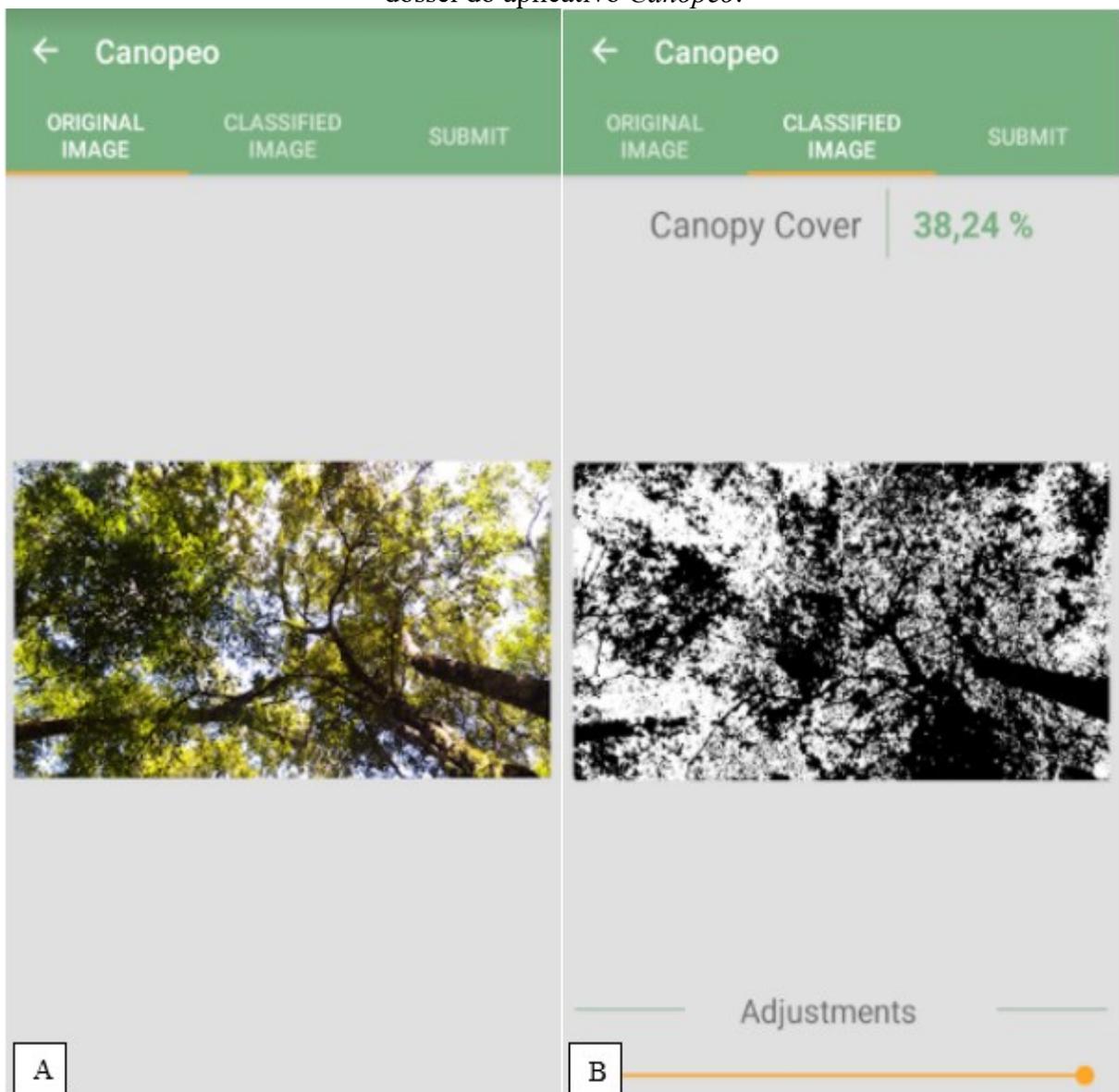
Onde: “A” tela para seleção da parte referente a copa; “B” quadrados vermelhos indicam o local selecionado; “C” resultado inicial do processamento da imagem; “D” ajuste manual da sensibilidade do aplicativo; “E” resultado do processo dando a % de cobertura de dossel.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O aplicativo *Canopeo* tem funcionamento semelhante aos outros dois já citados anteriormente, para a mensuração bastou capturar uma foto em tempo real, pode se utilizar uma

imagem que esteja armazenada e o programa faz o cálculo de forma instantânea. Porém, ele apresenta a opção de ajuste de sensibilidade após a imagem capturada. O aplicativo transforma a imagem em preto e branco, sendo que de acordo com o desenvolvedor os pixels brancos representam a parte vegetativa do dossel e os pretos onde possui demais componentes não vegetativos (Figura 6).

Figura 6 – Sequência do processamento da imagem para estimativa de cobertura de dossel do aplicativo *Canopeo*.



Onde: “A” imagem original capturada pelo aplicativo; “B” resultado do processamento e % de cobertura de dossel.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

#### 4.2 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS

Na Tabela 1 é possível observar a porcentagem média de cobertura de dossel para cada tratamento, para a mesma área Scipioni *et al.* (2018), utilizando o densiômetro esférico, encontraram valores médios para abertura de dossel equivalentes aos encontrados nesse estudo. No teste de normalidade realizado pelo teste de Shapiro-Wilk, apresentou valor  $P= 0,3971$  concluindo-se que os dados possuem distribuição normal, porque são superiores a 0,05. A análise de variância (ANOVA), demonstrou que existe diferença entre os métodos, com isso foi efetuado o teste de comparação de médias (teste de Tukey), para visualização das diferenças estatísticas.

Tabela 1 – Médias em porcentagem de cobertura de dossel para cada parcela amostrada dos métodos utilizados.

Parcelas	% Dossel Fechado			
	Densiômetro	<i>CanopyCapture</i>	<i>CanopyApp</i>	<i>Canopeo</i>
K1	83	83	63	7
K3	79	80	63	6
K5	77	78	73	14
K7	78	72	63	11
K9	85	82	72	14
J2	83	82	56	12
J4	71	75	69	16
J6	86	85	67	17
J8	72	73	66	17
J10	85	84	71	28
I1	86	81	69	32
I3	86	82	71	30
I5	88	85	72	29
I7	88	86	77	28
I9	85	83	69	18
H2	79	79	57	12
H4	71	78	59	15
H6	81	80	61	12
H8	82	80	73	36
H10	77	76	70	29
G1	81	79	68	19
G3	80	82	74	24

(continuação)

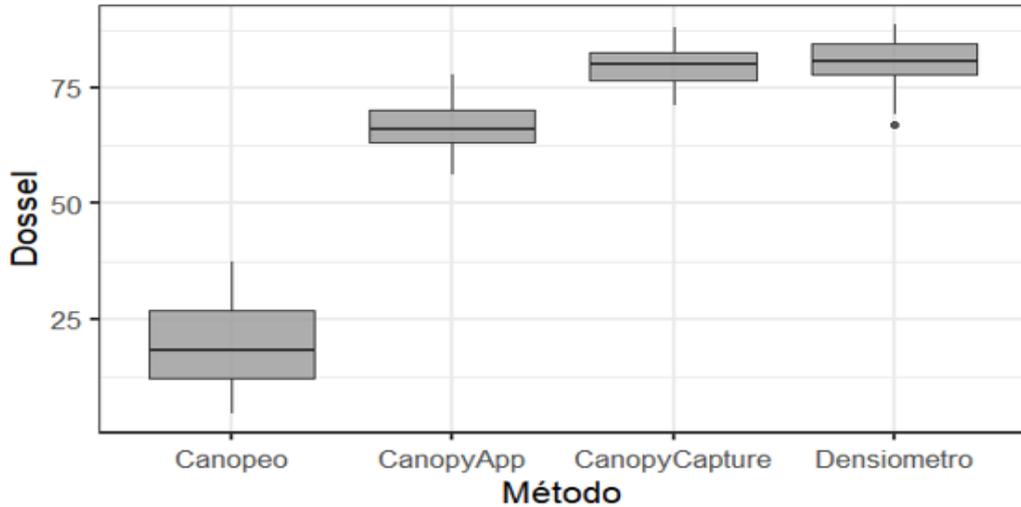
Parcelas	% Dossel Fechado			
	Densiômetro	<i>CanopyCapture</i>	<i>CanopyApp</i>	<i>Canopeo</i>
G5	79	78	78	17
G7	82	76	68	15
G9	79	81	70	26
F2	79	77	64	22
F4	86	85	63	20
F6	71	72	72	26
F8	73	74	59	11
F10	86	85	56	15
E1	78	78	64	5
E3	79	80	69	13
E5	82	83	74	18
E7	88	80	67	37
E9	69	71	64	26
D2	83	84	64	7
D4	79	80	57	8
D6	84	81	64	25
D8	75	73	72	37
D10	79	78	66	28
C1	86	82	70	25
C3	78	78	66	6
C5	85	83	64	33
C7	81	81	67	28
C9	83	80	64	17
B2	84	83	64	10
B4	89	88	58	8
B6	82	80	62	30
B8	67	71	68	22
B10	75	72	65	28
A1	75	73	62	15
A3	73	74	57	5
A5	78	80	64	22
A7	81	76	77	22
A9	83	83	72	27

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

No Gráfico 1 é possível observar a variabilidade de cada método utilizado, onde o aplicativo *Canopeo* apresentou menor média na porcentagem de cobertura de dossel e maior

variabilidade comparado aos demais. O *Densiômetro* e o *CanopyCapture* apresentaram resultados semelhantes, tendo suas médias e variabilidade com valores próximos.

Gráfico 1 – Distribuição dos dados de cobertura do dossel (fechado) de cada método.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

No teste de Tukey foi possível visualizar as diferenças entre os métodos. É possível observar que o Densiômetro Florestal e o aplicativo *CanopyCapture* não diferem estatisticamente (Tabela 2). O aplicativo *CanopyApp* não apresentou resultado satisfatório para o teste aplicado, apresentando dados subestimados da porcentagem de cobertura quando comparado com os dois métodos anteriormente citados. Até o momento da realização desse estudo não foram encontrados trabalhos publicados com utilização desses aplicativos na Floresta Ombrófila Mista.

Tabela 2 – Percentual de cobertura em Fragmento de Floresta Ombrófila Mista. Os valores de médias seguidas da mesma letra não diferiram significativamente entre si no teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ), enquanto os valores sem letras não foram significativos.

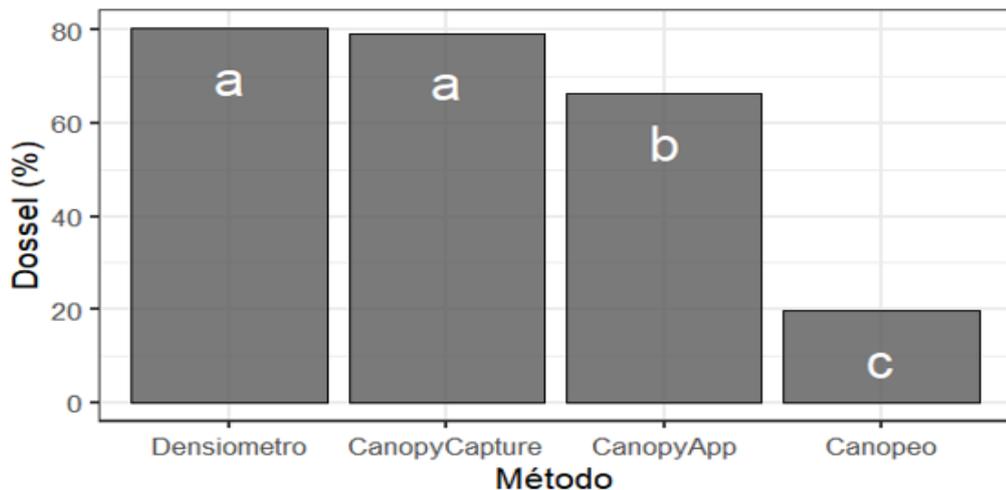
<b>Método</b>	<b>% média de cobertura</b>
Densiômetro	80.30 a
CanopyCapture	79.28 a
CanopyApp	66.35 b
Canopeo	19.61 c

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

O aplicativo *Canopeo* apresentou resultados muito inferiores aos demais métodos avaliados, sendo classificado no grupo “c”. É necessário diferentes testes para confirmar que ele não tem relevância para mensuração de abertura de dossel em florestas, porém dentro da metodologia proposta neste estudo o aplicativo não se demonstrou eficiente (Gráfico 2).

Shepherd, Lindsey e Lindsey (2018), concluíram em seus estudos com soja que a utilização do *Canopeo* para medir a cobertura de dossel nessa cultura é uma alternativa viável e devido a praticidade do aplicativo, recomendam a utilização dele no lugar de métodos de interceptação de luz. De acordo com Bonvini e Inés (2018), esse aplicativo é um método rápido e confiável para o cálculo de estimativa de produção em biomassa e interceptação de luz na cultura da alfafa. Uma possível explicação para o funcionamento irregular do aplicativo nesse estudo seja a forma de utilização do mesmo, sendo recomendado pelo desenvolvedor uma distância/altura da copa de 60cm para as culturas agrícolas, no caso da mensuração do dossel da floresta esse valor é muito superior, superando 10 metros em média, o que pode ter interferido na acurácia e precisão do aplicativo.

Gráfico 2 – Gráfico indicando a porcentagem média do dossel fechado para cada método com suas respectivas diferenças estatísticas indicado pelo teste de Tukey.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Em seu levantamento Vibrans *et al.* (2013), encontraram valores de cobertura de dossel semelhantes resultados aqui apresentados, variando de 60 a 80% em fragmentos de FOM no município de Curitibaanos. Saganuma *et al.* (2008), concluem em seu estudo que o uso do densiômetro é confiável e prático, quando comparado com outros métodos, assim a utilização

de *CanopyCapture* pode ser uma ferramenta muito útil para trabalhos a campo na mensuração de cobertura de dossel. Utilizando um celular com um toque de botão, Lima (2018), conclui que essa metodologia é viável e econômica, podendo ser usado como uma alternativa a métodos tradicionais.

## 5 CONCLUSÃO

Se conclui que todos os aplicativos testados são de fácil utilização, sendo práticos e com resultado rápido. Porém apenas o aplicativo *CanopyCapture* se demonstrou eficiente com estimativas de abertura de dossel similares ao Densiômetro Florestal, não diferenciando estatisticamente, sendo que de acordo com esses resultados se demonstra como uma alternativa viável em substituição ao Densiômetro Florestal. O *CanopyApp* resultou em subestimativa na leitura do dossel e o aplicativo *Canopeo* não apresentou resultados satisfatórios em uso em florestas, tendo grande variabilidade e subestimação. Assim, ambas as ferramentas não substituem o Densiômetro Esférico e não são recomendados para estimativas de abertura de dossel na Floresta Ombrófila Mista no Sul do Brasil.

É importante destacar que os resultados presentes neste trabalho refletem os resultados de um estudo utilizando apenas em um tipo de vegetacional com apenas um modelo de smartphone, sendo assim, é sugerido novos testes em diferentes ambientes e/ou utilizando outros modelos de smartphone, para que se tenha uma melhor base de dados sobre a eficiência dos aplicativos perante outras situações de campo.

## REFERÊNCIAS

- ARMELIN, R. S.; MANTOVANI, W. Definições de clareira natural e suas implicações no estudo da dinâmica sucessional em florestas. **Rodriguésia**, v. 52, n. 81, p. 5-15, 2001.
- ARRUDA, E. C.; CUNHA, C. N. Características de clareiras e seus efeitos sobre riqueza de espécies em floresta monodominante de *Vochysia divergens*. **Oecologia Australis**, v. 16, n. 4, dez. 2012.
- ALMEIDA, R. P. S. **Formigas e o Código Florestal Brasileiro: comparando Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL)**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2015.
- BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A.; SANTOS, F. A. M. Spatial and Temporal Variation in the Canopy Cover in a Tropical Semi-Deciduous Forest. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 44, n. 3, set. 2001.
- BORGES, L. F. R. *et al.* Inventário de fragmentos florestais nativos e propostas para seu manejo e o da paisagem. **Cerne**, v. 10, n. 1, p. 22-38, jan./jun. 2004.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.L. **Ecology: from individuals to ecosystems**. ed. 4, Oxford: Blackwell, 2006.
- BONAMICO, M. A. **Relação entre estoque de carbono acima do solo e produção de cacau em sistemas agroflorestais de cacau em São Félix do Xingu, Brasil**. Dissertação (Mestrado Ciências Biológicas) – Ecologia Aplicada, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2017.
- BONVINI, B.; INÉS, M. **Viabilidad de uso de la aplicacion movil "Canopeo" para determinar el rendimiento en alfalfa (*Medicago sativa*)**. Departamento de producción animal, Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral, 2018.
- BUTLER, R. A. O que é dossel? **Mongabay**. 2007. Disponível em: <<https://world.mongabay.com/brazilian/004.html>>. Acesso em: 03 de abr. de 2021.
- CALEGARI, L. *et al.* Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 5, mar. 2010.
- CANTINHO, R. Z. **Avaliação de propriedades biofísicas de dosséis de *Eucalyptus* spp. mediante aplicação de sensoriamento remoto**. 2012. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2012.
- CHUNG, Y.S. *et al.* Case study: Estimation of sorghum biomass using digital image analysis with Canopeo. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 105, p. 207-210, jun. 2017.

- CINTRA, D. P. **Classificação de estágios sucessionais florestais por meio de imagens de alta resolução (Ikonos) no Parque Estadual da Pedra Branca, RJ.** Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.
- CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 4, de 04 de maio de 1994.** Define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de atividades florestais no estado de Santa Catarina. Diário Oficial da União, 17 jun. 1994. n. 114, Seção 1, p. 8877-8878.
- CORDEIRO, J.; RODRIGUES, W. A. Caracterização fitossociológica de um remanescente de Floresta Ombrófila mista em Guarapuava, PR. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 545-554, 2007.
- FERRO, A. F. P.; BONACELLI, M. B. M.; ASSAD, A. L. D. Oportunidades tecnológicas e estratégias concorrenciais de gestão ambiental: o uso sustentável da biodiversidade brasileira. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 13, n. 3, p. 489-501, nov. 2006.
- GARCIA, L. C. *et al.* Heterogeneidade do dossel e a quantidade de luz no recrutamento do sub-bosque de uma Mata Ciliar no Alto São Francisco, Minas Gerais: análise através de fotos hemisféricas. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 99-101, abr. 2007.
- GARCIA, J. M. *et al.* Uso de fotografias hemisféricas para avaliação da qualidade ambiental na mata de Santa Genebra, Campinas-SP, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 175-190, jan/mar. 2018.
- GUILHERME, F. A. G. Efeitos da cobertura de dossel na densidade e estatura de gramíneas e da regeneração natural de plantas lenhosas em mata de galeria, Brasília-DF. **Cerne**, v. 6, n. 1, p. 60-66, 2000.
- HARFOUCHE, T. B. *et al.* Uso de aplicativos em smartphone para medições de árvores. **Biofix Scientific Journal**, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 07, jan. 2019.
- EMBRAPA. **Softwares para Manejo Florestal.** 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/softwares-florestais>. Acesso em: 03 maio 2021.
- EPAGRI. Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina. In: **Caracterização Regional.** Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional – SDR, Curitiba, p. 33, 2003.
- FRAZER, G.; CANHAM, C.; LERTZMAN, K. **Gap Light Analyzer (GLA): Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices for true-color fisheye photographs , Users Manual and Program Documentation, Version 2.0.** Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia and the Institute of Ecosystem Studies. New York, p. 36. 1999.

- FERREIRA, D. S. S. **Interações entre abertura do dossel, queda de árvores e riqueza de espécies em floresta de várzea do estuário amazônico**. 2013. Dissertação (Pós-graduação em Biodiversidade Tropical) – Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2013.
- FREITAS, M. A. *et al.* **Protocolo para uso do densiômetro florestal**. PPBio, 2017.  
Disponível em:  
<[https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Protocolo\\_de\\_uso\\_de\\_densiometro\\_florestal\\_06\\_2017.pdf](https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Protocolo_de_uso_de_densiometro_florestal_06_2017.pdf)>. Acesso em: 19 de fev. de 2021.
- GALVANI, E.; LIMA, N. G. B. Fotografias hemisféricas em estudos microclimáticos: Referencial teórico-conceitual e aplicações. **Ciência e Natura**, v. 36, ed. esp., p. 215-221, 2014.
- LEMMON, P. E. A new instrument for measuring forest overstory density. **Journal of Forestry**, v. 55, p. 667- 669, 1957.
- LIMA, J. O. S. **Aplicação de quatro métodos indiretos na medição de densidade de dossel em fragmento de mata nativa, recuperada e floresta de *Eucalyptus urophylla* (S. T. Blake)**. 2016. Dissertação (Mestrado Recursos Florestais) – Engenharia Florestal, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2016.
- LOLLATO, R. *et al.* **Improving grazing management using a smartphone app**. Kansas State University. 2015. Disponível em: <<https://bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/MF3304.pdf>>. Acesso em: 25 de fev. de 2021.
- MARTINS, S. V. **Recuperação de Matas Ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001.
- MARQUES, A. C. *et al.* Florestas Nacionais e Desenvolvimento de Pesquisas: o Manejo da Erva-Mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) na Flona de Três Barras/SC. **Biodiversidade Brasileira**, v. 2, n. 2, p. 4-17, maio/jul. 2012.
- MATIAS, R. K. **Formação de fuste do mogno africano (*Khaya grandifoliola* C. DC.) no início da cultura**. 2019. Dissertação (Pós-Graduação em Agronomia) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019.
- MATTOS, E. M. *et al.* **Caracterização da sazonalidade do crescimento do lenho, da copa e da eficiência do uso da luz em clones do gênero *Eucalyptus***. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- MARTINI, A. M. Z. **Estrutura e composição da vegetação e chuva de sementes em subbosque, clareiras naturais e área perturbada por fogo em floresta tropical no sul da Bahia**. 2002. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.
- MELO, M. A. A.; MARTINS, F. R.; SANTOS, F. A. M. Estrutura populacional de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. e de *Roupala montana* Aubl. em fragmentos de cerrado no Estado de São Paulo. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 30, n. 3, jul/set. 2007.

MONTEIRO, A. L. S.; SOUZA, C. M. D. **Fotografias hemisféricas para validar o monitoramento da qualidade do manejo florestal na Amazônia Legal**. XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. In: ANAIS, n. 14, 2009, Natal. Anais [...] Natal: Inpe, p. 6013-6020, 2009.

MONTE, M. A. *et al.* Métodos indiretos de estimação da cobertura de dossel em povoamentos de clone de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 769-775, jun. 2007.

MORAES, I. S. **Quantificação e avaliação de abertura no dossel em áreas de concessões florestais: Mamuru-Arapiuns-PA**. 2014. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.

PINAGÉ, E. R. **Estudo dos impactos da exploração madeireira em áreas de concessão florestal utilizando imagens orbitais**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

SANCHES, L. *et al.* Índice de área foliar em floresta de transição amazônia cerrado em diferentes métodos de estimativa. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 57-69, 2008.

SALM, R. The importance of forest disturbance for the recruitment of the large arborescent palm *Attalea maripa* in a seasonally-dry Amazonian forest. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 5, n.1, jan./jun. 2005.

SCIPIONI, M. C. *et al.* Forest edge effects on the phytosociological composition of an araucaria forest fragment in Southern Brazil. **Floresta**, Curitiba, v. 48, n. 4, p. 483-492, out./dez. 2018.

SCHÜLER, J. **Avaliação da abertura de dossel e de seus efeitos da sobre a regeneração natural em áreas de restauração florestal**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

SHEPHERD, M. J.; LINDSEY, L. E.; LINDSEY, A. J. Soybean Canopy Cover Measured with Canopeo Compared with Light Interception. **Agricultural, Environmental Letters**, Columbus, v. 3, n. 1, p. 3, set. 2018.

STEFANI, E. J. R. *et al.* **Relação entre abertura de Dossel e Abundância de Plantas Jovens em Fragmento de Cerrado Denso, em Itirapina, São Paulo**. 2011. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2011.

SUGANUMA, M. S. *et al.* Comparando metodologias para comparar a cobertura do dossel e a luminosidade no sub-bosque de um reflorestamento e uma floresta madura. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 377-385, fev. 2008.

RICH, P. M. Characterizing Plant Canopies with Hemispherical Photographs. **Remote Sensing Review**, n. 5, p. 13-29, 1990.

VIBRANS, A.C. *et al.* (eds). **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina**, Vol. III, Floresta Ombrófila Mista. Blumenau, Edifurb, 2013.

YELLAREDDYGARI, S.K.R.; GUDMESTAD, N.C. Bland-Altman comparison of two methods for assessing severity of *Verticillium wilt* of potato. **Crop Protection**, Fargo, v. 101, p.68-75, jul. 2017.

ZELARAYÁN, M. L. C. *et al.* Impacto da degradação sobre o estoque total de carbono de florestas ripárias na Amazônia Oriental, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v.45, n.3, jul./set. 2015.