



USO DE FOTOGRAFIAS HEMISFÉRICAS PARA ESTIMATIVA DA ESTRUTURA DO DOSEL DAS FLORESTAS NO IFN/BR: PROPOSTA METODOLÓGICA E PROVA DE CONCEITO

Daniel Augusto da Silva¹, Alexander Christian Vibrans¹

¹ Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, SC, Brasil. E-mail: danielaugusto@furb.br; acv@furb.br
Autor correspondente: Daniel Augusto da Silva. E-mail: danielaugusto@furb.br.

RESUMO

Apesar de ter papel central em processos ecológicos, ciclos biogeoquímicos e clima, a estrutura do dossel não é incluída nas medições do IFN/BR. Aqui, propomos uma metodologia simples e de baixo custo para incorporar essas estimativas nas medições do IFN/BR utilizando fotografias hemisféricas. Aplicamos a metodologia em 363 UAs em Santa Catarina durante o segundo ciclo de medições do Projeto FlorestaSC e computamos o tempo necessário para as operações em 10 destas unidades amostrais. Para demonstrar a potencialidade do método realizamos uma análise comparativa entre os tipos florestais de SC. Nossas análises mostraram que, em média, 3% do tempo necessário para levantamento de uma UA foi utilizado para a aquisição das fotografias hemisféricas. Do total de UAs levantadas, conseguimos estimar a estrutura do dossel de 244 UAs. Constatamos que todos as variáveis da estrutura do dossel – IAF, FAPAR, CD e CI – diferiram entre as formações florestais do estado, principalmente entre a Floresta de Araucárias e a Floresta Pluvial Subtropical. O IFN/BR representa uma grande oportunidade para realizarmos a estimativa da estrutura do dossel em escala nacional com baixo investimento operacional. Por sua vez, incluir estimativas da estrutura do dossel no IFN/BR acrescenta uma nova dimensão para entendermos a ecologia e funcionamento das florestas brasileiras, sua relação com o clima.

Palavras-chave: índice de área foliar; inventário florestal nacional; radiação solar

USE OF HEMISPHERIC PHOTOGRAPHS TO ESTIMATE FOREST CANOPY STRUCTURE AT IFN/BR: METHODOLOGICAL PROPOSAL AND PROOF OF CONCEPT

ABSTRACT

Despite its central role in ecological processes, biogeochemical cycles and climate, canopy structure estimates are not included in the IFN/BR measurements. Here, we propose a simple and cost-effective methodology to incorporate these estimations in the IFN/BR measurements using hemispherical photographs. We applied this methodology on 363 SU in Santa Catarina during the second cycle of measurements of the FlorestaSC Project and computed the necessary time for the operations on 10 of those SU. To demonstrate the potential of the method we compared the canopy structure of the forest types occurring in SC. Our analyzes show that, on average, 3% of the time necessary to complete measure a subsample unit is used to take hemispherical photographs. Of all SU, we successfully characterize the canopy of 244 SU. We found that tall variables of the canopy structure – LAI, FAPAR, CC and CI – differ between forest formations, mainly between Araucaria Forest and Evergreen Rain Forest. The IFN/BR represents a great opportunity to implement canopy structure estimation nationwide with little operational investment. In turn, to include canopy structure estimation in the IFN/BR adds a new dimension for our understanding of the Brazilian forest ecology and functioning, their relationship with climate.

Key words: leaf area index; forest inventory; solar radiation

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MENSURAÇÃO FLORESTAL



INTRODUÇÃO

Em uma floresta, a estrutura do dossel regula a interceptação, transmitância e uso dos raios solares (GCOS, 2011), influenciando a resposta fotossintética à radiação e a luz disponível no sub-bosque (Posada *et al.*, 2009). Assim, afeta o crescimento das árvores do dossel, a interceptação de água, ciclos de água e carbono, além do microclima e disponibilidade de água do sub-bosque (Fournier & Hall, 2017). A estrutura do dossel pode ser descrita por diferentes variáveis, como o Índice de Área Foliar (IAF), a Cobertura do Dossel (CD), a Fração da Radiação Fotossinteticamente Ativa Absorvida (*Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation* – FAPAR) e o Índice de Aglomeração das Folhas (*Cumpling Index* – CI).

As fotografias hemisféricas permitem a estimativa de todas as variáveis descritas acima. Para obter resultados mais confiáveis, as fotografias devem ser tomadas em dias com cobertura de nuvens homogêneas, ou em horários em que o Sol não esteja visível no céu (Chianucci, 2019). Integrar o levantamento da estrutura do dossel no Inventário Florestal Nacional (IFN/BR) pode ser uma forma de gerar dados em volume e abrangência espacial suficiente para produzir estimativas confiáveis da estrutura do dossel.

Este estudo tem como objetivo propor uma metodologia para a integração de medições da estrutura do dossel no IFN/BR. Para isso, utilizaremos como prova de conceito a aplicação da metodologia em 363 unidades amostrais do Projeto FlorestaSC, responsável pelos levantamentos do IFN em Santa Catarina. Aqui, procuramos responder as seguintes perguntas: a) qual é a demanda de tempo e recursos; b) quais dados são possíveis de coletar sob condições operacionais de um IFN; c) quais são possíveis aplicações destes dados.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em Santa Catarina, que está inteiramente dentro dos domínios da Mata Atlântica, representada por três fitofisionomias: Floresta Ombrófila Densa (FOD), Floresta Ombrófila Mista (FOM) e Floresta Estacional Decidual (FED). Foram mensuradas 363 unidades amostrais (UA) que recobrem todo o estado. A equipe de campo nessa fase do projeto foi composta por um engenheiro florestal, um biólogo e dois auxiliares de campo. Para estimar o tempo necessário para a obtenção das fotos em campo, foi realizada uma análise de tempos e movimentos em 10 unidades amostrais. Foram tomadas 20 fotografias hemisféricas (FH) em cada UA utilizando uma câmera Nikon D3100 DSLR equipada com uma lente Nikon Fish-eye Nikkor 10.5 mm, montada em um tripé de alumínio. A partir das FH se estimou o IAF ($m^2 m^{-2}$), CD, FAPAR e CI para cada UA. Para analisar a variação da estrutura do dossel entre as fitofisionomias em Santa Catarina, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis nas variáveis e o teste de Mann-Whitney para identificar as diferenças individuais entre pares.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das 363 unidades amostrais levantadas, 244 (67,22%) apresentaram pelo menos oito fotografias hemisféricas e tiveram sua estrutura do dossel mensurada. A maior parte dos descartes de FH ocorreu por conta do excesso de luminosidade nas imagens. Em média, foram necessárias 00:18:30 (\pm 00:04:11) h/pessoa para fazer o registro das fotografias hemisféricas em uma subunidade amostral, o que representa 3,8 (\pm 1,7) % do tempo total médio necessário para completar a mensuração das subunidades, que foi de 08:21:00 (\pm 02:50:00) h/pessoa.

Todas as variáveis analisadas diferiram entre a FOM e a FOD ($p < 0,05$), enquanto a FED apresentou valores indiferentes a ambos em todos os casos (Tabela 1). De forma geral, a FOM apresentou menor IAF, FAPAR, CD_m e CI, e apresentou maior CD_{dp} em relação à FOD. Esse resultado sugere que essa fitofisionomia apresenta um dossel menos denso, menos fechado e com maior heterogeneidade. A diferença na estrutura do dossel entre as fitofisionomias possivelmente está ligada a diferença na composição de espécies, principalmente com a dominância de *Araucaria angustifolia*, que possui uma arquitetura diferente de todas as outras espécies da Mata Atlântica.

Tabela 1. Média e desvio padrão das variáveis da estrutura do dossel mensuradas no segundo ciclo de medições do Projeto FlorestaSC em Santa Catarina. Letras diferentes na linha denotam médias diferentes de acordo com o teste de Mann-Whitney

Variável	Fitofisionomia					
	FOD		FOM		FED	
IAF	4,90 (0.90)	a	4,23 (1,08)	b	4,72 (1,11)	ab
FAPAR (%)	87,86 (8.66)	a	78,23 (14,93)	b	85,26 (8,63)	a
CD_m (%)	80,58 (13.40)	a	70,37 (16,97)	b	77,69 (16,81)	ab
CD_{dp} (%)	18,45 (10.66)	b	25,32 (10,51)	a	21,34 (9,90)	ab
CI (%)	53,35 (5.62)	a	49,64 (7,36)	b	51,96 (7,83)	ab

Em que: IAF = índice de área foliar; FAPAR = fração da radiação fotossinteticamente ativa absorvida; CD_m = cobertura do dossel média; CD_{dp} = cobertura do dossel desvio padrão; CI = índice de aglomeração das folhas.

De uma forma geral, os resultados de nossa prova-conceito permitem afirmar que a coleta de fotos hemisféricas permite aumentar a disponibilidade de dados obtidos em campo com equipamento simples e com leitura direta, independente de interpretação dos técnicos de campo. Estes dados permitem estimar, variáveis importantes do ponto de vista ecológico e do desenvolvimento das florestas, como IAF, FAPAR, CD, CI. Estas variáveis são significantes, uma vez que controlam ou direcionam processos responsáveis pela dinâmica de clareiras, considerado o principal motor da manutenção da produtividade, biodiversidade e da regeneração nas florestas tropicais (Muscolo *et al.*, 2014). Importantes mudanças nos padrões taxonômicos, de estratégias de vida e funcionais, portanto, são resultado indiretos das mudanças ocorridas no dossel (Muscolo *et al.*, 2014). Reconhecer estas mudanças e classificar o estado da vegetação utilizando as variáveis estruturais do dossel, talvez seja a maior contribuição da coleta de FH para a compreensão de padrões e caminhos do desenvolvimento das florestas, numa escala regional ou

VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

continental no âmbito de IFNs. Além disso, o dossel da floresta representa a interface da vegetação com a atmosfera, onde a maior parte da fotossíntese, evapotranspiração e troca de energia ocorrem (Malhado *et al.*, 2009; Olivas *et al.*, 2013). A obtenção de estimativas de variáveis estruturais por sensores orbitais ou aerotransportados é possível, mas demanda, necessariamente, dados de calibração espacialmente abrangentes, preferencialmente coletados de forma sistemática e independente, como são os dados de um IFN.

CONCLUSÃO

Foi apresentado um panorama da estrutura do dossel das florestas de Santa Catarina, utilizando dados levantados pelo FlorestaSC. O levantamento em campo ocupou apenas uma reduzida fração do tempo necessário para o levantamento completo da unidade amostral nos modelos do IFN. Mesmo havendo perda de dados por condições climáticas não ideais, obteve-se um aproveitamento das fotografias coletadas em dois terços das UAs amostradas. Assim, a inclusão da coleta de dados da estrutura do dossel em nível nacional indica uma oportunidade ímpar de aumentar o conjunto de dados essenciais para o entendimento do funcionamento das florestas brasileiras, sua interação com o clima local e regional, e microclima do sub-bosque.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chianucci, F. An overview of in situ digital canopy photography in forestry. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 50, n. 3, p. 227–242, 2019. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2019-0055>.
- Fournier, R. A.; Hall, R. J. **Hemispherical photography in forest science: theory, methods, applications**. Dordrecht: Springer, 2017. 306p. <https://doi.org/10.1007/978-94-024-1098-3>.
- Global Climate Observing System - GCOS. **Systematic observation requirements for satellite-based data products for climate: 2011 Update**. Geneva: GCOS, 2011. 127p. (GCOS, 154). Disponível em: <https://climate.esa.int/sites/default/files/gcos-154.pdf>. Acesso em: 15 Mar. 2023.
- Malhado, A. C. M.; Costa, M. H.; Lima, F. Z.; Portilho, K. C.; Figueiredo, D. N. Seasonal leaf dynamics in an Amazonian tropical forest. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 7, p.1161-1165, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.06.002>.
- Muscolo, A.; Bagnato, S.; Sidari, M.; Mercurio, R. A review of the roles of forest canopy gaps. **Journal of Forestry Research**, v. 25, n. 4, p. 725-736, 2014. <https://doi.org/10.1007/s11676-014-0521-7>.
- Olivas, P. C.; Oberbauer, S. F.; Clark, D. B.; Clark, D. A.; Ryan, M. G.; O'Brien, J. J.; Ordoñez, O. Comparison of direct and indirect methods for assessing leaf area index across a tropical rain forest landscape. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 177, p.110-116, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.04.010>.
- Posada, J. M.; Lechowicz, M. J.; Kitajima, K. Optimal photosynthetic use of light by tropical tree crowns achieved by adjustment of individual leaf angles and nitrogen content. **Annals of Botany**, v. 103, n. 5, p. 795-805, 2009. <https://doi.org/10.1093/aob/mcn265>.