

Comparação de métodos indiretos para medição de abertura do dossel no cerrado, utilizando observações obtidas nos trabalhos de campo e fotos hemisféricas digitais

Jairo Rodrigues Silva^{1,2}
Philippe Mailard^{1,3}
Priscilla de Souza da Costa-Pereira^{1,4}
Cecília Félix Andrade^{1,5}

¹Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG/ IGC
Av. Antônio Carlos, 6627 – 31270-900 – Belo Horizonte/MG, Brasil.
²jairocienciasambientais@yahoo.com.br; ³philippe@cart.igc.ufmg.br;
⁴priscillascp@yahoo.com.br ⁵cissandrade@yahoo.com.br

Abstract. Structural measurements of woody vegetation are important monitoring and management tools. Their direct measurement involves work-intensive destructive approaches. For that reason, indirect methods are usually preferred even though the margin of errors is larger than with direct approaches. Amongst indirect methods, the evaluation of canopy closure is an essential measurement for quantitative remote sensing of forest because it directly relates to the amount of vegetation and what is captured by remote sensing platforms. However, relatively few studies of canopy closure have been applied to woody *cerrado* vegetation. One reason might just be that *cerrado* does not comply with other higher more homogeneous forests structures like planted forests. This article compares the results of a visual tree crown template matching approach with hemispherical photograph processed with the Gap Light Analyzer program. Canopy closure of a total of sixteen plots were compared and analyzed. The result show a significant difference in about half of the plots which were attributed mostly to the fact that woody *cerrado*, is very heterogeneous and a much denser set of hemispherical photographs should be used than what is usually acceptable for other forest formations. Otherwise, the results tend to suggest that template matching tend to always overestimate the canopy closure with respect to hemispherical photographs. Suggestion are made to improve field measurements of canopy closure.

Palavras-Chave: Estrutura do cerrado, Gap Light Analyzer, Medidas alométricas, Structure of cerrado vegetation, Gap Light Analyzer, Allometric measurements

1. Introdução

Como Bioma, o Cerrado cobre aproximadamente 200 milhões de hectares de terras no Brasil, cobrindo áreas em diversos estados, inclusive grande parte do estado de Minas Gerais, apresenta topografia plana e levemente ondulada, extremamente favorável a mecanização (FREITAS, 1980). A cobertura vegetal do cerrado é frequentemente lenhosa e é responsável pela captura do carbono, regulação climática e comportamento do fluxo de água (LECKIE, 1998).

Apesar da sua importância, o bioma cerrado encontra-se bastante ameaçado. Espécies nativas importantes, comercialmente e ecologicamente, estão desaparecendo em função da ocupação desordenada, da expansão urbana e agropecuária, da exploração irracional e do uso indiscriminado do fogo (FIEDLER, 2004).

Diante dessa realidade faz-se necessários estudos voltados a ampliar o conhecimento científico sobre a vegetação do cerrado, e, em particular, a análise das variáveis biofísicas da vegetação. O Índice de Área Foliar (IAF) é uma importante variável biofísica da vegetação usada em vários modelos de produção primária através de escalas e modelos globais de clima, hidrologia, biogeoquímica e ecologia (SANCHES, 2008).

Para a obtenção do IAF os dados de alometria de árvores tais como tamanho, formato e o posicionamento da copa das árvores são fundamentais, sendo assim de suma importância para a compreensão do funcionamento da floresta (KING, 1996).

A medição dos valores do Índice de Área Foliar (IAF) pode ocorrer por meio de métodos diretos destrutivos cujas medidas são obtidas diretamente pela retirada completa das folhas, ou por meio de métodos indiretos que considera parâmetros de medidas de diâmetro do caule, folhas e ramos.

A utilização de fotos hemisféricas para quantificar o IAF é um método indireto não destrutível uma vez que o mesmo permite descrever a abertura de dossel e relações de luz cujos valores dos IAF são obtidos por meio de softwares (NASCIMENTO, 2007).

As fotos hemisféricas utilizadas para estudar as copas das árvores podem ser obtidas por meio de uma máquina fotográfica digital com a lente situada em baixo da copa (orientada para Zênite) ou sobre a copa com a lente voltada para baixo. As fotos hemisféricas permitem um registro permanente, uma importante fonte de informação sobre a posição, tamanho, densidade e distribuição de abertura da copa (JONCKHEERE, 2004).

A utilização de dados provenientes de técnicas de Sensoriamento Remoto, com ênfase para a utilização de fotos hemisféricas, as quais são tratadas em programas computacionais como o *Gap Light Analyzer* (GLA ©1999, Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, Canadá), que permitem realizar cálculos das dimensões foliares e consideram a área com base na escala e na resolução da fotografia, realizando assim uma classificação dos *pixels* da fotografia como folha (considera troncos e galhos) ou não folha (FRAZER, 1999).

O estudo teve como objetivo avaliar dois métodos indiretos de medição de abertura do dossel no cerrado, a partir do método baseado em observações obtidas nos trabalhos de campo e no método baseado na utilização de dados obtidos a partir de fotografias hemisféricas digitais, visando comparar os resultados obtidos a partir dos métodos utilizados.

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Área de estudo

O presente estudo realizou-se no Parque Estadual Veredas do Peruaçu- PEVP, no norte do Estado de Minas Gerais situado nos municípios de Januária, Bonito de Minas e Cônego Marinho (Figura 1), gerenciado pelo Instituto Estadual de Florestas do Estado de Minas Gerais (IEF-MG), com uma área de 30.702 ha.

O parque apresenta vastas áreas de cerrado, das quais grande parte sofreu alterações antrópicas, tais como criação de bovinos, constantes queimadas e a implantação de um projeto voltado a produção de eucalipto os quais foram cortados entre os anos de 1980 e 1992, dando lugar a regeneração natural do cerrado, o qual encontra-se em diferentes estágios de sucessão.

2.2. A estimativa de dados alométricos a partir das observações em campo

A partir das observações e coleta de dados em campo calcularam-se os valores de CAP (Circunferência na Altura do Peito), DAP (Diâmetro na Altura do Peito), sendo que nas árvores com bifurcação abaixo da altura do DAP utilizou-se o valor do CAS (Circunferência Acima do Solo) obtido a 15 cm acima do solo. Estimou-se também a altura, tamanho da copa, porcentagem de abertura do dossel para cada uma das árvores presentes na parcela com mais de 10 cm de CAP ou CAS.

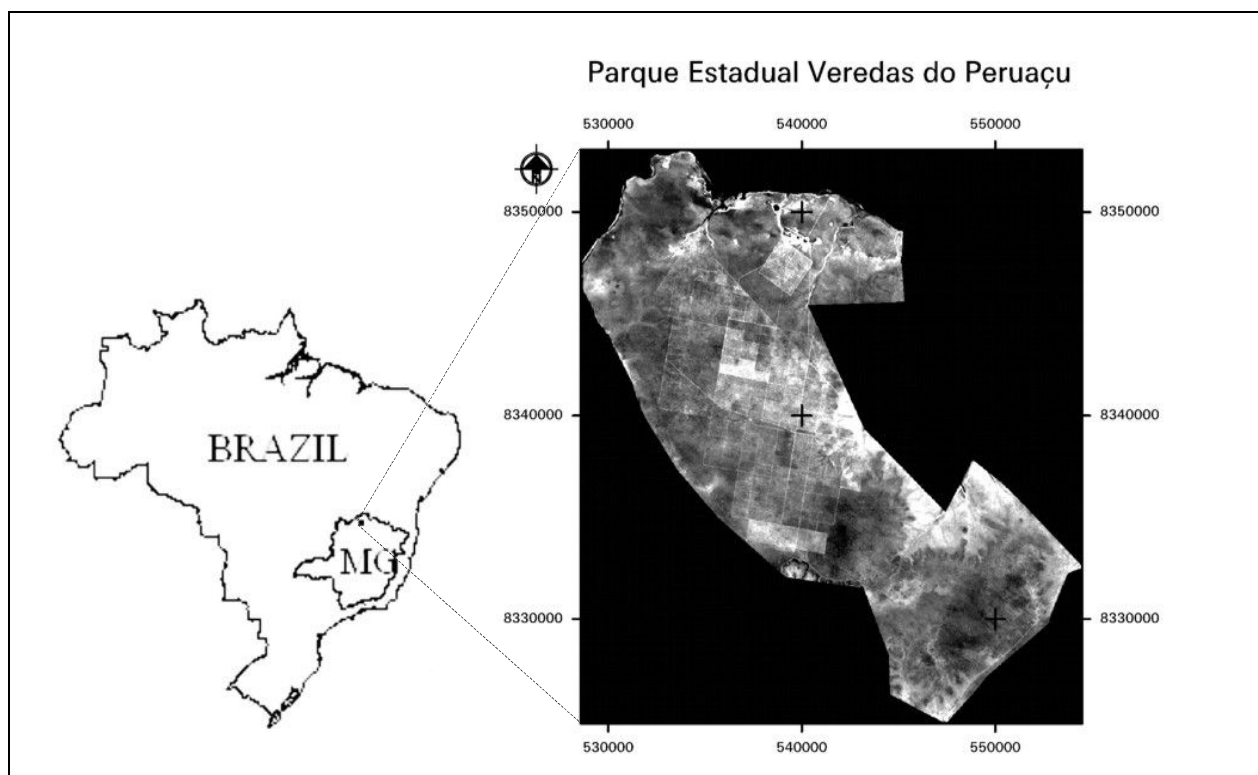


Figura 1. Parque Estadual Veredas do Peruaçu- PEVP- MG.

Os valores de abertura do dossel foram calculados em duas etapas. Primeiro calculou-se a área da copa (a_{copa}) de cada árvore e, a essa foi multiplicado o valor estimado de proporção de céu (p_{ceu}). Em segundo lugar, somamos os valores de abertura de todas as árvores e dividindo pela área total da parcela (a_p) (Equação 1).

$$A_p = \frac{\sum (a_{copa} \times p_{ceu})}{a_p} \quad (1)$$

onde:

$$a_{copa} = \pi r_{copa}^2$$

O p_{ceu} representa a proporção de céu observada para cada árvore estimada a partir de um gabarito. Da mesma forma, o raio da copa (r_{copa}) é estimado levando em conta a irregularidade da árvore.

2.3. A estimativa da porcentagem da abertura do dossel obtida a partir de fotos hemisféricas

As fotografias hemisféricas foram obtidas no mês de maio de 2008 utilizando-se uma câmara fotográfica *Nikon D40X* com lente *Nikkor* de 12 mm de distancia focal produzindo um ângulo de visada de aproximadamente 170 graus gerando imagens de $3,872 \times 2,592$ pixels. Em cada uma das parcelas tirou-se 3 fotos, a 3, 10 e 17 m do início da parcela (Figura 2). As imagens foram obtidas no sentido do solo para o céu com a câmara posicionada a 30 cm acima do solo.

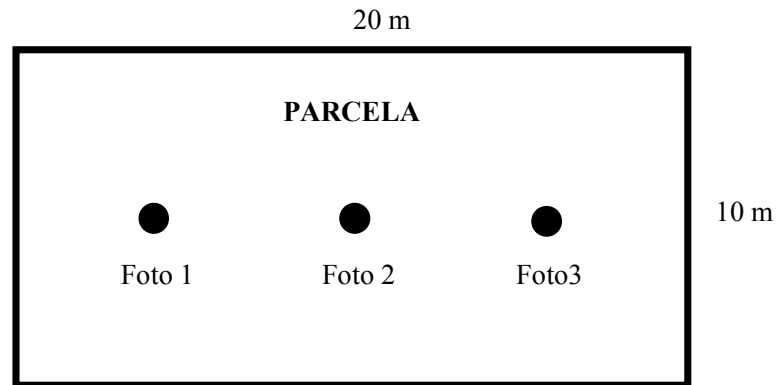


Figura 2. Posição das fotografias hemisféricas por parcela.

Para a estimativa da porcentagem da abertura do dossel as fotos hemisféricas foram processadas no software GLA 2.0 (Figura 3), posteriormente fez-se uma média dos valores obtidos a partir das três fotos tiradas de cada parcela. A fotografia digital é convertida em preto e branco e recortada no formato quadrado requisitado pelo GLA (Figura 3 a). Em seguida, a fotografia é dividida radialmente e em círculos concêntricos eqüidistantes de acordo com a geometria óptica da lente de maneira que cada setor represente uma proporção igual do hemisfério. Esse cuidado visa eliminar o efeito de visada oblíqua crescente a medida que se afasta do centro da fotografia (Figura 3 b). Finalmente, a fotografia é segmentada em *bitmap* binário usando um limiar estimado visualmente (Figura 3 c).

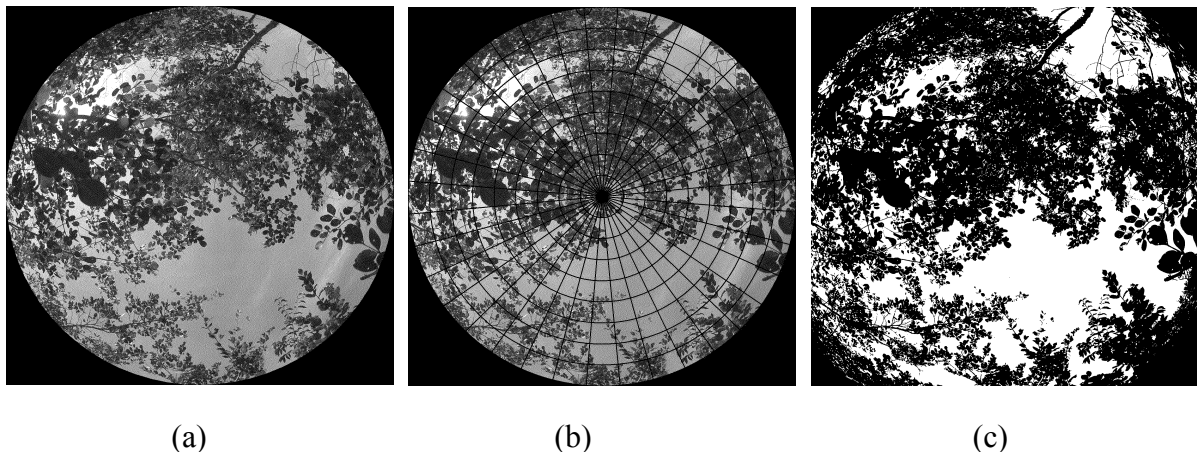


Figura 3. Foto Hemisférica processada no *Software* GLA 2.0.

No cerrado a cobertura dossel vai variar de acordo com o período do ano, sendo assim de suma importância considerar a data em que os dados foram coletados, uma vez que o cerrado apresenta uma gama de espécies classificadas como caducifólias.

3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos a partir da metodologia baseada nas observações em campo apresentaram valores médios estimados da porcentagem da abertura do dossel variando entre 36,29 e 87,8%. Os valores médios estimados da porcentagem da abertura do dossel a partir da metodologia baseada no uso das fotos hemisféricas variaram entre 35,97 e 87,24%.

Na comparação entre os valores obtidos a partir das duas metodologias, observa-se que nas parcelas 1, 3, 4, 7, 10, 12 e 13 apresentaram diferença menor que 9%, nas parcelas 5,6,15 e 16 a diferença foi entre 14 e 18% e; nas parcelas 2, 8, 9, 11 e 14 foi acima de 23 e menor que 29% (Figura 4).

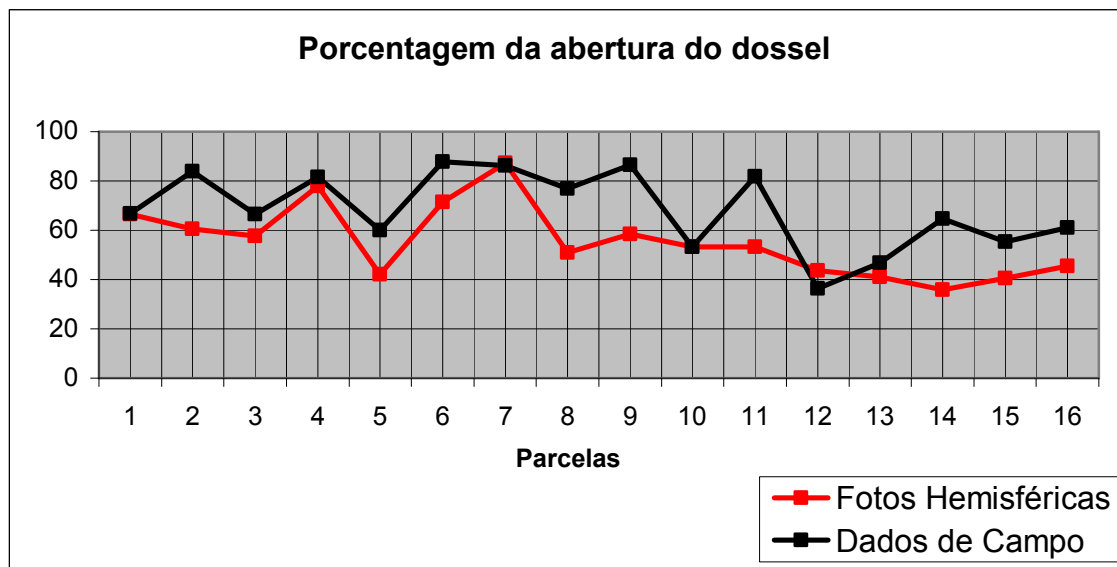


Figura 4. Porcentagem da abertura do dossel.

A heterogeneidade do cerrado estudado, proveniente das diferentes ações antrópicas ou naturais que ocorreram no PEVP ao longo dos anos, resultou em diferenças fisiológicas entre as parcelas estudadas, o que provavelmente explica a variação da porcentagem da abertura do dossel entre as parcelas.

Dentre as parcelas estudadas, apenas as parcelas 10, 14 e 16 apresentaram valores próximos para cada uma das três fotos tiradas na parcela, enquanto que nas demais parcelas os valores de cada uma das três fotos para cada parcela foram bem diferentes, o que demonstra a heterogeneidade das informações, que influencia diretamente nos resultados (Tabela 1), heterogeneidade essa que não é observada em estudos realizados com eucaliptos.

Tabela 1. Valores da porcentagem da abertura do dossel obtidos a partir das fotos hemisféricas para cada parcela.

Parcelas	Porcentagem da abertura do dossel			
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Média
P 1	57,63	66,90	75,06	66,53
P 2	36,23	61,33	84,21	60,59
P 3	75,65	48,08	49,51	57,75
P 4	97,75	92,17	43,47	77,80
P 5	52,69	41,48	31,81	41,99
P 6	61,05	77,62	75,36	71,34
P 7	78,76	94,64	88,33	87,24
P 8	42,80	61,64	47,95	50,80
P 9	77,50	48,43	49,17	58,37
P 10	54,30	52,20	53,55	53,35
P 11	74,01	53,82	32,24	53,36
P 12	38,54	47,22	45,44	43,73
P 13	40,66	31,96	50,76	41,13
P 14	35,26	38,67	33,99	35,97
P 15	42,79	44,53	34,21	40,51
P 16	43,77	46,22	46,22	45,40

4. Conclusões

Na maioria das parcelas os valores obtidos nas três fotos hemisféricas tiradas em cada parcela apresentaram resultados bem diferentes, demonstrando a heterogeneidade da cobertura foliar presente nas parcelas.

Devido as características do cerrado e conseqüentemente da grande variação nos resultados da porcentagem da abertura do dossel obtidas na maioria das parcelas, recomenda-se a realização de novos estudos nas áreas de cerrado, utilizando um número maior de fotos hemisféricas por parcelas com vistas a minimizar o erro proveniente da heterogeneidade da vegetação do cerrado, bem como, realizar comparação com dados obtidos a partir de métodos diretos.

Os resultados que apresentaram diferença entre as parcelas superior a 8% foram superestimadas na metodologia baseada nas observações em campo quando comparados aos resultados obtidos a partir da metodologia baseada nas fotos hemisféricas.

As fotos hemisféricas podem ser utilizadas para avaliar a porcentagem da abertura do dossel e o IAF para o cerrado, desde que se tenha o devido cuidado com relação ao sol, pois a presença do mesmo nas fotos hemisféricas pode inviabilizar o uso das mesmas.

5. Referências Bibliográficas

FIEDLER, N.C.; AZEVEDO, I.N.C.; REZENDE, A.V.; MEDEIROS M.B.; VENTUROILI, F. Efeito de incêndios florestais na estrutura e composição florística de uma área de cerrado sensu stricto na fazenda Água Limpa-DF. **Rev. Árvore**, v.28, nº1, p.129-138. 2004.

FRAZER, G.W.; CANHAM, C.D.; LERTZMAN, K.P. **Manual do Gap Light Analyzer (GLA)**, Version 2.0: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York. 1999. 36p.

FREITAS, L.M.M. Alternativas de uso do cerrado. (In): Marchetti, D.; Machado, A.D.(Coord.). **V simpósio sobre cerrado**. Cerrado: Uso e Manejo. Embrapa CPAC_CNPQ Editora Terra, Brasília DF. p.281-316. 1980.

JONCKHEERE, I.; FLECK, S.; NACKAERTS, K.; MUYS, B.; COPPIN, P.; WEISS, M.; BARET, F. Review of methods for in situ leaf area index determination Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology**. v.121. p19-35, 2004.

KING, D.A. Allometry of saplings and understorey trees of a Panamanian forest. **Functional Ecology**, n. 4, p.27-32.1990.

LECKIE, D. Forestry applications of imaging radar. (In): Manual of remote sensing: principles and applications of imaging radar. Bethesda: **American Society of Photogrammetry and Remote Sensing**, 1998.

MACHADO, R.B.; NETO, M.B.R.; PEREIRA, P.G.P.; CALDAS, E.F.; GONÇALVES, D.A.; SANTOS, N.S.; TABOR, K.; STEININGER, M. **Estimativas de perda de área do Cerrado brasileiro**. Relatório interno não publicado. Conservação Internacional, Brasília. 2004. 23p.

NASCIMENTO, A.R.T.; FAGG, J.M.F.; FAGG, C.W. Canopy openness and LAI estimates in two seasonally Deciduous forests on limestone outcrops in central Brazil using hemispherical photographs. **Rev. Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.167-176. 2007.

SANCHES, L.; ANDRADE, N.L.R.; NOGUEIRA, J. S.; BIUDES, M.S.; VOURLITIS, G.L.; Índice de área foliar em floresta de transição Amazônia Cerrado em diferentes métodos de estimativa. **Rev. Ciência e Natureza**, UFSM, 30(1): p.57-69, 2008.