

# IMAGENS PLANETSCOPE NA ESTIMATIVA DA BIOMASSA ACIMA DO SOLO EM SISTEMAS ILPF

Marcelo Teixeira<sup>1</sup>, Elias Fernando Berra<sup>2</sup>, Adriane Avelhaneda Mallmann<sup>3</sup>, Ana Paula Dalla Corte<sup>4</sup>, e Silvano Kruchelski<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Paraná, Av. Prefeito Lothário Meissner, 623 - Jardim Botânico, Curitiba - PR, marcelo.teixeira@ufpr.br; <sup>2</sup> Departamento de Geografia da UFPR, eliasberra@ufpr.br; <sup>3</sup> Universidade Federal do Paraná, Av. Prefeito Lothário Meissner, 623 - Jardim Botânico, Curitiba - PR, mallmann.adriane@gmail.com; <sup>4</sup> Universidade Federal do Paraná, Av. Prefeito Lothário Meissner, 623 - Jardim Botânico, Curitiba - PR, anapaulacorte@gmail.com, e <sup>5</sup> Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade da UFPR, silvanokr@ufpr.br

## RESUMO

O sistema de Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) exerce um papel na redução dos gases do efeito estufa, sendo a biomassa um elemento para entender o balanço do carbono. As novas constelações de nanosatélites, como a *PlanetScope*, combinando alta resolução temporal e espacial, apresenta grande potencial no monitoramento por meio do sensoriamento remoto. Neste estudo foi analisado o seu potencial para a estimativa de biomassa acima do solo dos componentes florestais de um sistema iLPF, localizado na região metropolitana de Curitiba, PR. Utilizando regressão linear simples e múltipla, as variáveis independentes - Informações espectrais e índices de vegetação - foram relacionadas com os dados de biomassa do inventário florestal. Os resultados indicaram o poder preditivo das equações como fracas a moderadas ( $0,22 \leq R^2 \leq 0,62$ ), com as regressões múltiplas explicando melhor que as simples. Estudos mais aprofundados são necessários para diminuir algumas dificuldades, como a qualidade radiométrica e a acurácia posicional.

**Palavras-chave** — imagem de satélite, sistemas agroflorestais, reflectância, *eucalyptus*.

## ABSTRACT

*The Integration-Crop-Livestock-Forest (iCLF) system plays a role in reducing greenhouse gases, as biomass being an element to understand the carbon balance. The new nanosatellite constellations, such as PlanetScope, combining high temporal and spatial resolution, have great potential in monitoring through remote sensing. In this study, its potential for estimating above ground biomass of forest components of an iCLF system, located in the metropolitan region of Curitiba, PR, was analyzed. Using simple and multiple linear regression, the independent variables -Spectral information and vegetation indices - were related to the biomass data from the forest inventory. The results indicated the predictive power of the equations as weak to moderate ( $0.22 \leq R^2 \leq 0.62$ ), with multiple regressions explaining better than simple ones. More in-depth studies are needed to reduce some*

*difficulties, such as radiometric quality and positional accuracy.*

**Key words** — *Satellite image, agroforestry systems, reflectance, eucalyptus.*

## 1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de Integração Lavoura, Pecuária e Floresta (iLPF), consistem em uma mesma área, incluir os respectivos sistemas produtivos por meio do cultivo consorciado, em rotação ou em sucessão. Diversos são os benefícios que podem trazer, como a otimização de ciclagem de nutrientes do solo; melhoria do bem-estar animal decorrente do maior conforto térmico; mitigação de gases do efeito estufa [1]. Dessa forma, a iLPF entra como um componente do Brasil com o Plano ABC, onde frente a Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP) de 2009, o país assumiu o compromisso voluntário de reduzir as emissões de gases do efeito estufa no setor agropecuário [2].

Nesse sentido, a biomassa tem um papel importante para entender o balanço do carbono, pois por meio das atividades fotossintéticas em ambientes florestais, o carbono é fixado na forma de biomassa [3]. Além disso, a maximização da produtividade na iLPF no componente florestal pode estar relacionada com o tamanho e a forma das copas das árvores, e a eficiência como ela intercepta e utiliza a radiação fotossinteticamente ativa. Dessa forma, entender a partição da biomassa florestal é importante para subsidiar decisões no manejo florestal [4].

A quantificação da biomassa acima do solo pode ser realizada por meio de métodos diretos e indiretos. Como exemplo do primeiro, pode-se citar o método destrutivo, com a derrubada e pesagem da árvore e seus componentes em campo. Já os métodos indiretos envolvem o uso de equações alométricas, com a estimativa de biomassa por meio de variáveis independentes obtidas em campo. Outro exemplo de método indireto é a utilização de atributos obtidos por meio do sensoriamento remoto [5].

Um dos problemas enfrentados no monitoramento de sistemas agrícolas por meio de satélites orbitais é o *trade-off* entre as resoluções espaciais e temporais, onde normalmente

se abdica da qualidade de uma em função da outra [6]. Uma das consequências diante da baixa resolução temporal é a perda do acompanhamento de estágios importantes do desenvolvimento de culturas, bem como o desafio extra em regiões tropicais devido a frequente cobertura de nuvens; enquanto satélites com uma maior resolução temporal geralmente apresentam uma resolução espacial menor, por exemplo, o sensor MODIS, não permitindo identificar as heterogeneidades dentro de um mesmo sistema agrícola [7].

A recente disponibilidade de dados do satélite *PlanetScope*, que possui resolução espacial de 3 m, frequência de revisita quase diária e cobertura global, oferece oportunidades para visitar as questões mencionadas. Porém, avaliações relacionadas à capacidade do *PlanetScope* na estimativa de biomassa acima do solo ainda são necessárias.

Nesse contexto, o presente estudo tem por objetivo desenvolver modelos estimadores de biomassa acima do solo (AGB – *Above Ground Biomass*) dos componentes florestais de um sistema experimental iLPF a partir de imagens *PlanetScope*, tendo como base dados de inventário florestal.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de Estudo

O estudo foi conduzido no projeto Núcleo de Inovação Tecnológica em Agropecuária (NITA), localizado na Estação Experimental Canguiri, município de Pinhais, Paraná, com coordenada central 25°23'30" S de latitude, 49°07'30" W de longitude e 935 metros de altitude.

A área total do experimento corresponde a 35 hectares, contudo, serão utilizados como objeto de estudo apenas 17 hectares (Figura 1), onde o delineamento experimental está disposto em blocos ao acaso, com 3 repetições e 3 tratamentos, sendo eles: Lavoura-Floresta (LF), Lavoura-Pecuária-Floresta (LPF) e Pecuária-Floresta (PF)

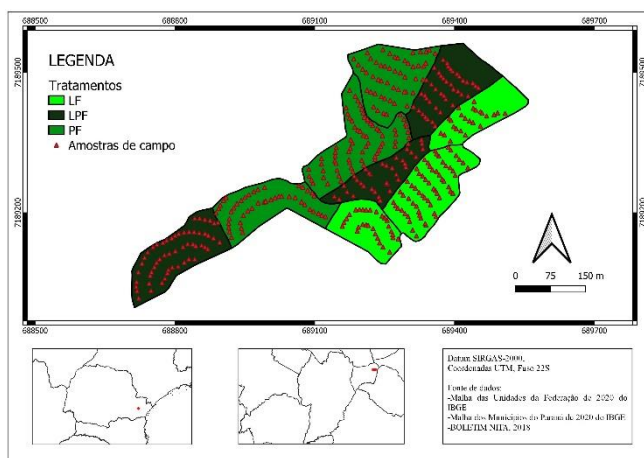


Figura 1: Localização da ILPF da Fazenda Canguiri, em Pinhais (PR), região metropolitana de Curitiba.

### 2.2 Inventário Florestal

O componente florestal do iLPF é composto por plantio *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage implantado em 2013. Em 14 de maio de 2021, após o plantio passar por um desbaste, foi realizado o inventário censitário dos três tratamentos (LF, LPF e PF) nos três blocos, no qual, um total de 414 árvores tiveram a circunferência a altura do peito (CAP) e altura total (Ht) medidas.

O CAP foi mensurado com fita centimétrica e Ht foi medida com um hipsômetro *Haglöf* Vertex IV®, a distância de 20 m da árvore. Além disso, a posição geográfica das árvores foi coletada com o GPS Garmin 62CSX. De acordo com o manual do proprietário da série GPSMAP 62, a margem de erro para a localização exata é de  $\pm 12$  pés (ou 3,66 m). O CAP e o Ht foram utilizados em equação alométrica para determinar a biomassa acima do solo (kg/árvore) (Tabela 1).

ID	Biomassa média (kg/árvore) ( $\pm$ desvio padrão)	Nº amostral	Densidade (ind./ha)
LF1	964 ( $\pm$ 253)	25	17
LF2	897 ( $\pm$ 236)	64	29
LF3	697 ( $\pm$ 223)	28	21
LPF1	916 ( $\pm$ 248)	41	20
LPF2	876 ( $\pm$ 165)	35	26
LPF3	590 ( $\pm$ 157)	55	27
PF1	951 ( $\pm$ 199)	51	23
PF2	828 ( $\pm$ 226)	69	29
PF3	646 ( $\pm$ 184)	46	24

Tabela 1: Estatística descritiva dos dados de biomassa obtidos do inventário florestal.

### 2.3 Dados de Sensoriamento Remoto

Na plataforma Planet Explorer, foi obtida a imagem produto do sensor *SuperDove* dos satélites *PlanetScope*, contendo 8 bandas, desde a região do visível até o infravermelho próximo. A imagem foi selecionada tendo como critério, ser da data mais próxima da coleta, não apresentar nuvens.

A imagem vem corrigida para a reflectância de superfície, derivada do *Planet Analytic*. Ela é processada para a reflectância no topo da atmosfera (TOA) e depois corrigida atmosféricamente para a reflectância de superfície utilizando o modelo de transferência radioativo 6S com dados auxiliares do sensor MODIS para contabilizar os efeitos atmosféricos [8].

### 2.4 Estimativa da Biomassa

Na imagem, os valores de reflectância foram extraídos dos respectivos pixels onde estavam contidas as unidades amostrais do inventário florestal, utilizando a ferramenta *Point Sampling Tool*, do software QGIS. Os valores das

ID	Múltipla	B3 <i>GREEN I</i>	B6 <i>RED</i>	B8 <i>NIR</i>	<i>Red-Edge</i> NDVI	NIR/G	EVI
LF1	R <sup>2</sup> = 0,51	R <sup>2</sup> = 0,02	R <sup>2</sup> = 0,0002	R <sup>2</sup> = 0,007	R <sup>2</sup> = 0,07	R <sup>2</sup> = 0,06	R <sup>2</sup> = 0,004
LF2	R <sup>2</sup> = 0,26	R <sup>2</sup> = 0,06	R <sup>2</sup> = 0,03	R <sup>2</sup> = 0,05	R <sup>2</sup> = 0,01	R <sup>2</sup> = 0,001	R <sup>2</sup> = 0,01
LF3	R <sup>2</sup> = 0,60	R <sup>2</sup> = 0,001	R <sup>2</sup> = 0,002	R <sup>2</sup> = 0,00002	R <sup>2</sup> = 0,15	R <sup>2</sup> = 0,15	R <sup>2</sup> = 0,003
LF Geral	R <sup>2</sup> = 0,22	R <sup>2</sup> = 0,10	R <sup>2</sup> = 0,07	R <sup>2</sup> = 0,001	R <sup>2</sup> = 0,0003	R <sup>2</sup> = 0,0003	R <sup>2</sup> = 0,01
LPF1	R <sup>2</sup> = 0,40	R <sup>2</sup> = 0,09	R <sup>2</sup> = 0,12	R <sup>2</sup> = 0,02	R <sup>2</sup> = 0,11	R <sup>2</sup> = 0,10	R <sup>2</sup> = 0,18
LPF2	R <sup>2</sup> = 0,62	R <sup>2</sup> = 0,008	R <sup>2</sup> = 0,005	R <sup>2</sup> = 0,006	R <sup>2</sup> = 0,07	R <sup>2</sup> = 0,02	R <sup>2</sup> = 0,05
LPF3	R <sup>2</sup> = 0,28	R <sup>2</sup> = 0,007	R <sup>2</sup> = 0,0008	R <sup>2</sup> = 3,76E-07	R <sup>2</sup> = 0,00006	R <sup>2</sup> = 0,003	R <sup>2</sup> = 0,01
LPF Geral	R <sup>2</sup> = 0,30	R <sup>2</sup> = 0,008	R <sup>2</sup> = 0,0003	R <sup>2</sup> = 0,04	R <sup>2</sup> = 0,09	R <sup>2</sup> = 0,10	R <sup>2</sup> = 0,02
PF1	R <sup>2</sup> = 0,40	R <sup>2</sup> = 0,04	R <sup>2</sup> = 0,04	R <sup>2</sup> = 0,10	R <sup>2</sup> = 0,0008	R <sup>2</sup> = 0,001	R <sup>2</sup> = 0,003
PF2	R <sup>2</sup> = 0,32	R <sup>2</sup> = 0,005	R <sup>2</sup> = 0,01	R <sup>2</sup> = 0,01	R <sup>2</sup> = 0,0007	R <sup>2</sup> = 0,00005	R <sup>2</sup> = 0,0008
PF3	R <sup>2</sup> = 0,63	R <sup>2</sup> = 0,04	R <sup>2</sup> = 0,06	R <sup>2</sup> = 0,06	R <sup>2</sup> = 0,02	R <sup>2</sup> = 0,01	R <sup>2</sup> = 0,02
PF Geral	R <sup>2</sup> = 0,24	R <sup>2</sup> = 0,002	R <sup>2</sup> = 0,0001	R <sup>2</sup> = 0,04	R <sup>2</sup> = 0,05	R <sup>2</sup> = 0,02	R <sup>2</sup> = 0,006

Tabela 2: R<sup>2</sup> das bandas da faixa do *Green I*, *RED* e *NIR*; e os três índices de vegetação com os melhores desempenhos

bandas *Coastal Blue*, *Blue*, *Green*, *Green II*, *Yellow*, *Red*, *Red-Edge* e *NIR*, juntamente com os índices de vegetação (IV): *EVI*, *EVI2*, *NDVI*, *Red Edge NDVI*, *NIR/G*, *SAVI* e *SR* derivados da imagem, foram relacionados com a biomassa florestal do inventário.

No programa Excel, foi realizada a análise de regressão linear simples para cada banda e índice de vegetação, com o intuito de gerar modelos de estimativa de biomassa. E foi realizada a regressão linear múltipla, também com o intuito de gerar modelos de estimativa de biomassa, os valores de reflectância das unidades amostrais com todas as bandas e os índices de vegetação foram utilizados como variáveis independentes; e a biomassa oriunda do inventário florestal como variável dependente.

### 3. RESULTADOS

Na regressão simples entre biomassa e uma variável independente (informações espectrais, IVs), os valores do coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) foram em geral baixos (R<sup>2</sup> < 0,2). Dentre os índices, o *Red-Edge NDVI* obteve resultados levemente superior que os demais. A maior exceção dos resultados entre os IVs foi para o sistema LF3 (LF tratamento, 3º bloco) que obteve um R<sup>2</sup> de 0,15 para o *Red-Edge NDVI* e *NIR/G*, enquanto o LPF1 conseguiu um R<sup>2</sup> entre 0,11 e 0,18, para todos os índices, com exceção do *NIR/G*.

Entre as bandas os resultados foram parecidos, assim como os IVs, tendo a B3, do *Green I*, uma média dos resultados superiores que as outras bandas, o maior R<sup>2</sup> foi de 10 % no LF geral. Outras duas bandas que obtiveram resultados um pouco acima que as demais, foram: a B6, da faixa do vermelho, com um valor máximo de R<sup>2</sup> para o LPF1 de 0,12; enquanto a B8, do infravermelho próximo, o melhor valor foi de 0,10 para o PF1.

No entanto, ao utilizar a regressão múltipla com todas as variáveis, as bandas e os IVs, foram obtidos melhores resultados, sendo o maior para o PF3, com o R<sup>2</sup>= 0,63.

Valores próximos foram alcançados com os sistemas LF1, LF3, LPF2 com os resultados de R<sup>2</sup>, respectivamente, de: 0,51, 0,60 e 0,62. Os tratamentos como um todo, obtiveram resultados menores que os seus blocos individuais, com a exceção do LPF geral, que foi levemente superior que o LPF3 e LF2. Sendo estes os valores dos tratamentos gerais: LF com o R<sup>2</sup>= 0,22; LPF um R<sup>2</sup>= 0,30; e o sistema PF o R<sup>2</sup>= 0,24 (Tabela 2).

### 4. DISCUSSÃO

Caracterizar a variabilidade espacial de biomassa florestal acima do solo (AGB) em escala detalhada é crucial para melhorar nossa compreensão das incertezas envolvidas nesse tipo de estimativa por sensoriamento remoto. Neste estudo, ainda que preliminar, avaliamos a eficácia do uso de dados *PlanetScope* de alta resolução espacial e temporal para estimar AGB em uma área experimental com ILPF no Paraná. Os resultados mostram uma fraca concordância entre dados espectrais *PlanetScope* e observações AGB do inventário florestal de campo na nossa área de estudo. Uma série de fatores podem estar agindo conjuntamente para influenciar esses resultados.

Quanto aos dados de inventário florestal, pode-se destacar a pouca variabilidade entre as amostras. Todas as árvores inventariadas são da mesma espécie e mesma idade, o que pode ocasionar um intervalo pequeno de valores de AGB, dificultando a correlação com os valores espectrais orbitais.

Outro fator é a acurácia posicional dos dados de campo e orbital. O erro de localização do aparelho GNSS utilizado para coletar as coordenadas das árvores é da ordem de 3 m. Já o erro da imagem *PlanetScope*, segundo o fabricante, é menor que 10 m em 90% dos casos [8]. Assim, o dado espectral extraído dos pixels coincidentes com a localização das árvores pode estar representando outra cobertura (por exemplo, pasto). Para diminuir esse problema, futuros

estudos podem refinar acurácia posicional tanto do dado de campo como da imagem de satélite.

Outros autores utilizaram imagens do satélite Landsat 7 e informações dendrométricas obtidas em campo para gerar modelos de estimativa de variáveis florestais, porém a área de estudo correspondeu a um fragmento de floresta tropical, e obtiveram um  $R^2 = 0,16$  para uma parcela de um raio de 40 m. Contudo, melhores resultados foram obtidos ao se aumentar o tamanho das parcelas, com  $R^2 = 0,45$  para a de 120 m; segundo os autores isso se deve pela maior quantidade de pixels contidos na amostra [9].

Reis *et al.* [10], utilizaram as imagens do *PlanetScope* para estimar a biomassa de uma pastagem em um sistema Lavoura-Pecuária, resultando em um  $R^2 = 0,55$ ; os autores destacaram como a alta variação inter- e intra-piquetes, bem como a qualidade radiométrica dos sensores serem relativamente baixa, podem ter influenciado os resultados [10]. Para diminuir tal problema, se poderia utilizar dados auxiliares dos satélites Landsat 8 e MODIS, como proposto por Houborg e McCabe [11]. Estudos futuros devem considerar essa possibilidade.

## 5. CONCLUSÕES

As regressões múltiplas geradas com as bandas espectrais e os índices de vegetação explicam a biomassa acima do solo do componente florestal de uma forma mais satisfatória que as regressões simples geradas com estas mesmas variáveis, individualmente. Contudo, o poder preditivo das equações encontradas na área de estudo foram fracas a moderadas ( $0,22 \leq R^2 \leq 0,62$ ). Estudos mais aprofundados são necessários para diminuir algumas das dificuldades apontadas nesse trabalho (ex. qualidade radiométrica, acurácia posicional), melhorando o entendimento da capacidade de imagens *PlanetScope* para estimar AGB em iLPF.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] L. C. BALBINO, L. A. M. CORDEIRO, P. OLIVEIRA, J. KLUTHCOUSKI, P. R. GALERANI, L. VILELA. Agricultura Sustentável por meio da Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF). *Informações Agronômicas*, v. 138, p. 1-18, 2012.
- [2] G. W. Gianetti, J. B. S. Ferreira. O Plano e Programa ABC: uma análise da alocação dos recursos. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 59, p. 1-15, 2021.
- [3] L. F. WATZLAWICK, H. S. KOEHLER, F. F. KIRCHNER. Estimativa de biomassa e carbono em plantios de *Pinus taeda* L. utilizando imagens do satélite IKONOS II. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 28, p. 45-69, 2006.
- [4] H. TONINI, M. M. MORALES, J. L. P. MENEGUCI, D. B. A. ANTONIO, F. J. WRUCK. Biomassa e área foliar de clones de eucalipto em ILPF: Implicações para a desrama. *Nativa*, Sinop, v. 4, p. 271- 276, 2016.
- [5] L. F. WATZLAWICK, F. F. KIRCHNER, C. R. SANQUETTA. Estimativa de biomassa e carbono em floresta com Araucária utilizando imagens do satélite Ikonos II. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 19, 169-181, 2009.
- [6] H. STRAND, R. HÖFT, J. STRITTHOLT, L. MILES, N. HORNING, E. FOSNIGHT, W. TURNER. *Sourcebook on Remote Sensing and Biodiversity Indicators, CBD Technical Series*. v. 32, Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, 2007.
- [7] M. D. NGUYEN, O. M. BAEZ-VILLANUEVA 2,3, D. D. BUI, P. T. NGUYEN, L. RIBBE. Harmonization of Landsat and Sentinel 2 for Crop Monitoring in Drought Prone Areas: Case Studies of Ninh Thuan (Vietnam) and Bekaa (Lebanon). *Remote Sensing*, v. 12, p. 281, 2020.
- [8] PLANET LABS. *Planet Imagery Product Specifications*, 2022. Disponível em: [https://assets.planet.com/docs/Planet\\_Combined\\_Imagery\\_Product\\_Specs\\_letter\\_screen.pdf](https://assets.planet.com/docs/Planet_Combined_Imagery_Product_Specs_letter_screen.pdf).
- [9] I. E. S. MACHADO, M. M. SANTOS, M. GIONGO, E. V. CARVALHO, E. G. NETO. Modelos para estimativa de variáveis florestais com a utilização de imagens multiespectrais. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 37, p. 171-181, 2017.
- [10] A. A. DOS REIS, B. C. SILVA, J. P. S. WERNER, Y. F. SILVA, J. V. ROCHA, G. K. D. A. FIGUEIREDO, J. F. G. ANTUNES, J. C. D. M. ESQUERDO, A. C. COUTINHO, R. A. C. LAMPARELLI, P. S. G. MAGALHÃES. Exploring the Potential of High-Resolution Planetscope Imagery for Pasture Biomass Estimation in ser Integrated Crop–Livestock System. *IEEE Latin American GRSS & ISPRS Remote Sensing Conference (LAGIRS)*, v. 42, p. 675-680, 2020.
- [11] R. HOUBORG, M. F. McCABE. A Cubesat enabled Spatio-Temporal Enhancement Method (CESTEM) utilizing Planet, Landsat and MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, v. 209, p. 211-226, 2018.