

NDVI COMO FERRAMENTA DE IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS EM SISTEMA SILVIPASTORIL COM *DALBERGIA NIGRA*

Larisse Rodrigues de Jesus¹, Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira¹, Fabrícia Benda de Oliveira², Gabriel Soares Lopes Gomes², Jacylli Sgranci Angelos³, Lessa Braz Lopes¹, Lorayne Saluci Ramos¹

¹Instituto Federal do Espírito Santo, Rodovia BR 482, km 47, Distrito de Rive - 29500-000 - Alegre-ES, Brasil, larisseerodrigues@gmail.com, carlos.oliveira@ifes.edu.br, biolessalopes@gmail.com, agronomiaifes22@gmail.com

²Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Geografia, Alto Universitário, s/n, Guararema - 29500-000 - Alegre-ES, Brasil, fabriciabenda@gmail.com, gsoares.flo@gmail.com.

³Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Ciências Florestais, Av. Gov. Lindemberg, 316, Centro - 29500-000 – Jerônimo Monteiro-ES, Brasil, jacysgranci@gmail.com

Resumo

Sistemas silvipastoris integram espécies herbáceas, arbóreas e animais, sendo uma alternativa eficiente para recuperar áreas degradadas e preservar a biodiversidade. Esses sistemas contribuem para a redução da erosão, conservação e recuperação de nascentes. O estudo avaliou o consórcio entre jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*) e braquiária (*Urochloa brizantha*) com foco no desenvolvimento da pastagem e das árvores no espaçamento 6 m x 2 m. A análise temporal do NDVI indicou crescimento contínuo da biomassa no sistema, com maiores índices em 2020 e média de 0.81. Conclui-se que o uso de *Dalbergia nigra* em sistemas silvipastoris é viável para recuperar pastagens degradadas.

Palavras-chave: Jacarandá-da-Bahia. Sistemas Agroflorestais. Integração Pecuária-Floresta. NDVI.

Área do Conhecimento: Ciências agrárias (Engenharia Florestal).

Introdução

As previsões de aumento da temperatura global nos próximos anos levantam preocupações sobre as atividades agrícolas sensíveis ao calor (Sekaran *et al.*, 2021). As mudanças climáticas terão impactos abrangentes no Brasil e no mundo, afetando áreas como recursos hídricos, agricultura, energia, infraestrutura urbana e costeira, transportes e saúde (Haguenin e Meirelles, 2022). Nesse contexto, a legislação ambiental brasileira evoluiu e se alinhou a iniciativas como o compromisso internacional de reflorestar 12 milhões de hectares até 2030, conforme estabelecido no Acordo de Paris em 2015, além do crescente interesse na produção de sementes e mudas de espécies da flora brasileira (Araújo *et al.*, 2019).

A preservação e, ou, conservação das árvores nativas depende de seu manejo e cultivo adequados (Araújo *et al.*, 2017). Sistemas de cultivo como os sistemas agroflorestais (SAF) se apresentam como uma alternativa para a recuperação de áreas degradadas e a preservação da biodiversidade de espécies nativas, pois combinam espécies herbáceas, arbóreas e arbustivas com cultivos agrícolas e animais, de forma simultânea ou sequencial (Nascimento *et al.*, 2020). Essa recuperação pode ser alcançada por meio da implementação de sistemas silvipastoris (SSP), um dos diversos tipos de SAF. Em termos econômicos, os SSPs têm o potencial de diversificar a renda da propriedade rural, permitindo a lucratividade tanto com o gado quanto com a comercialização dos produtos gerados pelas árvores, como madeira, frutos, óleos e resinas (Schembergue *et al.*, 2017).

Uma espécie promissora é a *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth, conhecida mundialmente como jacarandá-da-bahia, devido ao seu grande valor econômico para os SSPs (Oliveira *et al.*, 2024). As recomendações para essa espécie incluem a recuperação de áreas degradadas e o florestamento de pastagens (Gonçalves *et al.*, 2014). Trata-se de uma Fabaceae arbórea, endêmica da Mata Atlântica, com distribuição natural restrita aos estados da Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

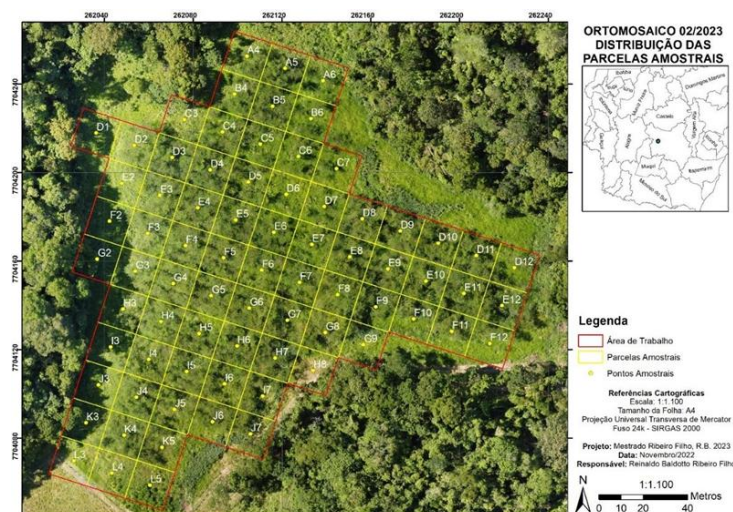
Para o monitoramento de povoamentos florestais e da vegetação em geral, o sensoriamento remoto tem se mostrado uma ferramenta importante, permitindo o acompanhamento do desenvolvimento e a estimativa da produtividade das culturas. Por meio de equações matemáticas, são gerados Índices de Vegetação (IV), como o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), que estima a clorofila/eficiência da fotossíntese. Este índice demonstra uma forte correlação com o índice de área foliar e o acúmulo de biomassa nas culturas, sendo amplamente utilizado em estudos para avaliar o estado nutricional e estimar sua produtividade (Lima *et al.*, 2023). Diante desse cenário, verifica-se que ainda são escassas as informações acerca de SPPs com uso de *Dalbergia nigra*, ficando evidente que compreender a integração entre esse tipo de povoamento e pecuária é essencial para fornecer subsídios que apoiem a recuperação de áreas degradadas. Sendo assim, este estudo tem o objetivo de avaliar uso de sistema silvipastoril com jacarandá-da-bahia na recuperação de uma pastagem degradada por intermédio do índice de vegetação NDVI.

Metodologia

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Experimental Bananal do Norte, pertencente ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural - Incaper, no distrito de Pacotuba, no município de Cachoeiro de Itapemirim (ES), localizado nas coordenadas geográficas de Latitude 20°44'49,66"S e Longitude 41°17'5,80"W a 100 m de altitude. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, sendo caracterizado pelo inverno seco e o verão chuvoso (Alvares *et al.*, 2013). A fazenda se encontra em local com precipitação média anual de 1293 mm, temperatura mínima do ar variando entre 11,8 °C e 18 °C e máxima variando entre 30,7 °C e 34 °C. O tipo de solo predominante é Argissolo Amarelo distrocoeso, enquanto que a topografia é ondulada acidentada (Silva *et al.*, 2021).

A implantação foi realizada no período de estiagem em agosto de 2017, com o plantio de 480 mudas de jacarandá-da-bahia num espaçamento de 6 x 2 m. As mudas foram adquiridas em um viveiro de mudas de espécies nativas localizado no município de Cachoeiro de Itapemirim – ES, de ótimo estado de fitossanidade, com no mínimo 2 mm de diâmetro do coleto e 30 cm de altura. Inicialmente, foram realizados tratamentos silviculturais que incluíam roçada, preparo do solo mecanizado, com aração e gradagem na área total do experimento e subsolagem nas linhas de plantio. Posteriormente, foi realizada uma adubação base com aplicações 50 g de ureia, 40 g de P₂O₅, 50 g de KCl, 1 g de B, 1 g de Zn, 0,5 g de Cu e 0,1 g de Mo por planta. O P, N e os micronutrientes foram aplicados em covas laterais à cova de plantio e o KCl em cobertura. O plantio ocorreu de forma manual, após a marcação das covas na linha de plantio com o auxílio de uma balize e um enxadão. As mudas foram irrigadas e repostas conforme taxa de sobrevivência de 10%.

Figura 1 - Parcelas amostrais do sistema silvipastoril composto por *Dalbergia nigra* (Vell.) e braquiária, em Cachoeiro do Itapemirim, ES



Fonte: Autor (2025).

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

O plantio foi conduzido no sentido Leste-Oeste, adotando-se medidas de manejo desde a fase inicial. O controle de formigas cortadeiras foi realizado com formicida em forma de iscas granuladas, na dosagem de 10 g/m², iniciado 60 dias antes do plantio e mantido durante todo o período de crescimento. Nos primeiros 180 dias, foram efetuadas três capinas manuais nas linhas de plantio, enquanto as entrelinhas passaram por roçada mecânica, de modo a favorecer a regeneração da braquiária proveniente do banco de sementes do solo, essencial para a formação do sistema silvipastoril. Decorridos 18 meses do plantio, permitiu-se a entrada do gado na área, visando controlar o crescimento do capim e possibilitar futuras avaliações do sistema. O manejo do pasto foi realizado por meio de pastejo rotacionado, ajustando-se o tempo de ocupação conforme a disponibilidade de forragem, de forma a manter a altura do capim em torno de 0,20 m ao final do pastejo. O período de descanso variou de acordo com a estação do ano, com média de 40 dias. Utilizaram-se gados mestiços, sem raça definida, empregados em atividades de capacitação profissional em bovinocultura.

O inventário florestal do jacarandá-da-bahia foi realizado nos dias 27 e 28 de julho de 2022 (5 anos de plantio). Foram amostrados 55 indivíduos, obtendo-se a altura das árvores e circunferência na altura do peito (CAP). A circunferência foi medida com uma fita métrica, enquanto a altura das árvores foi mensurada utilizando uma vara telescópica. Para estimar o NDVI foram necessárias imagens de alta resolução espacial fornecidas pelo programa Copernicus, com a constelação Sentinel-2 que possuem 10 m de resolução espacial (bandas do visível e infravermelho médio) e 5 dias de resolução temporal (os dois satélites juntos) e são disponibilizadas livremente pela European Space Agency (ESA). O cálculo do NDVI foi realizado na plataforma Google Earth Engine (GEE), bem como a composição colorida (Red, Green, Blue, - RGB) das imagens do satélite Sentinel-2. Desta forma, foram obtidas imagens do período de estiagem (julho) para os anos de 2017 a 2024. Após o download as imagens foram analisadas no software QGIS (composição RGB: Vermelho B4; Verde B3; Azul B2). O índice de diferença normalizada da vegetação foi executado com a Equação 1, a qual possibilitou a coleta dos valores mínimos, máximos, médios, a variância e o desvio padrão dos valores de NDVI.

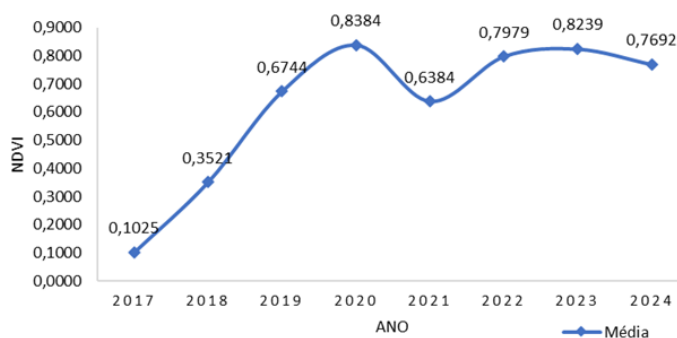
$$NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED) \text{ (Equação 1)}$$

em que: NIR - banda do infravermelho próximo (B8); RED = banda do vermelho (B4).

Resultados

As imagens de satélite permitem identificar claramente a variação da cobertura vegetal da área ao longo dos anos. A análise do NDVI evidencia o aumento gradual do vigor do plantio nesse período (Figura 1). Em 2017, o índice apresentou seu menor valor (0,10), uma vez que a imagem corresponde a dias anteriores ao plantio, quando não havia cobertura vegetal expressiva e o solo permanecia exposto, resultando nos menores níveis de reflectância (Figura 2). Em 2021, o sistema foi impactado por um intenso período de estiagem, o que ocasionou a redução do NDVI e interrompeu a tendência de crescimento contínuo que vinha sendo registrada.

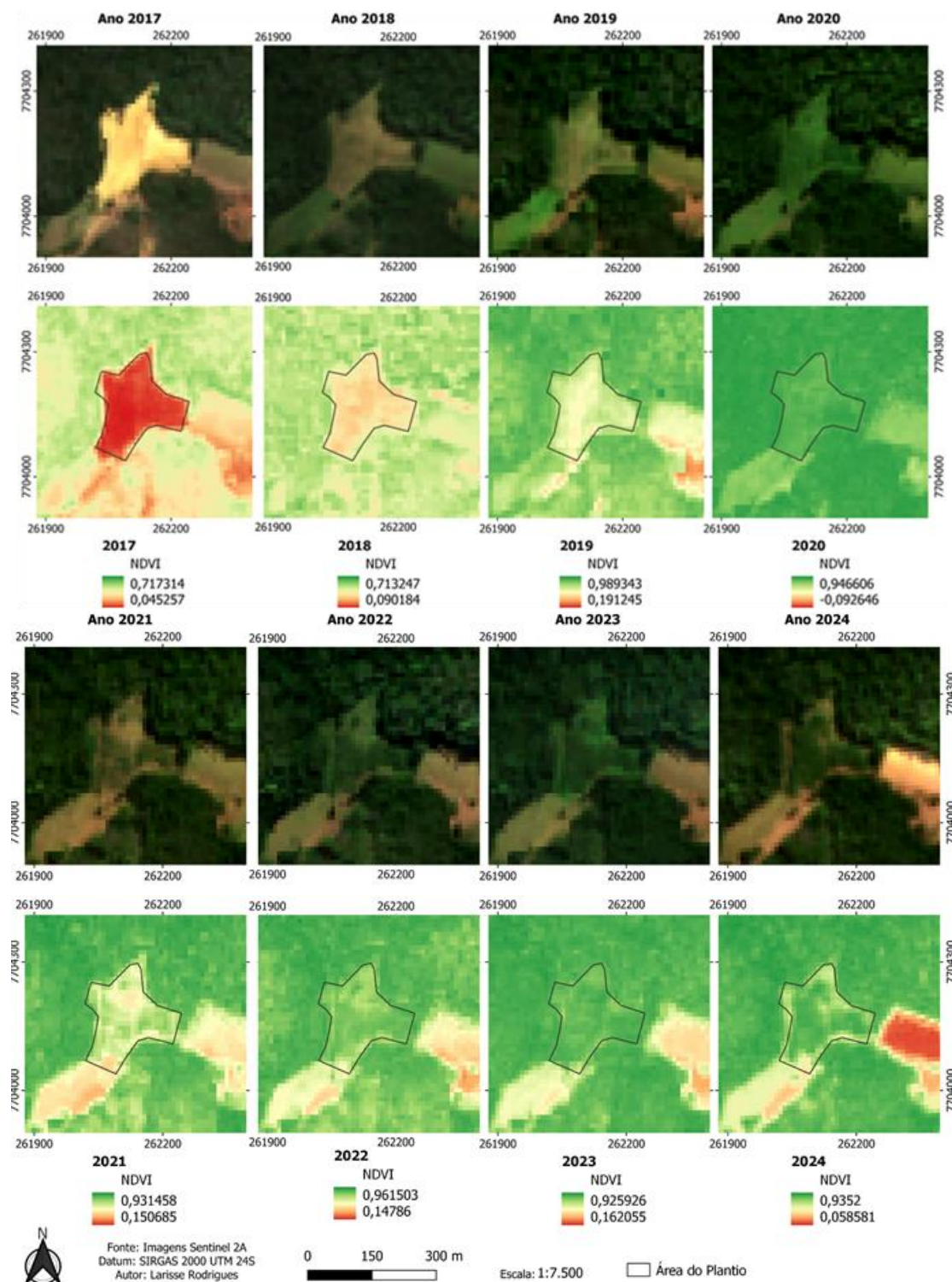
Figura 2 - Perfil temporal com valores médios de NDVI da área do plantio de *Dalbergia nigra*, para os meses de referência.



Fonte: Autor (2025).

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Figura 3 - Composição colorida e NDVI em sistema silvipastoril composto por *Dalbergia nigra* (Vell.) e braquiária, entre os anos de 2017 a 2024, em Cachoeiro do Itapemirim, ES.



Fonte: Autor (2025).

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

O maior NDVI foi observado em 2023 (0,82), no entanto, foi possível perceber na imagem falhas no povoamento de jacarandá-da-bahia, em que se observa uma vegetação menos densa sendo essa a braquiária do consórcio silvipastoril (Figura 3).

Discussão

As ferramentas de sensoriamento remoto, incluindo o NDVI, apresentam uma forte correlação com a densidade de cobertura vegetal, sendo incapazes de diferenciar entre a cultura principal e os demais tipos de plantas (Lima *et al.*, 2023). Contudo, este resultado não é ruim, pois, é possível inferir que mesmo que não exista uma cobertura total por parte das árvores, ainda sim elas estão favorecendo o desenvolvimento da braquiária presente no consórcio, uma vez que estas falhas (onde o satélite capta informações da braquiária) apresentam alto NDVI. Desta forma, apesar de não ter forte correlação com o crescimento das árvores, a braquiária apresenta alto índice fotossintético, promovido pelas condições favoráveis do ambiente microclimático criado pelas árvores.

O valor observado de NDVI neste sistema silvipastoril com jacarandá-da-bahia variou de 0,352 a 0,823. De acordo com Adorno *et al.* (2021), o NDVI varia de -1 em água a 1 em atividade fotossintética máxima da vegetação, os resultados são geralmente superiores a 0,600 em florestas densas, variam entre 0,170 e 0,200 em pastagens são superiores a 0,550 em áreas agrícolas que usam irrigação. Dependendo da densidade da vegetação, o NDVI pode saturar ou ter seu valor diminuído em áreas sombreadas. Para o uso da terra como a IPF, os valores de máximo chegam a 0,89, pois o NDVI está trazendo informações de mais biomassa, já que na mesma área há a gramínea e a árvore (Brolo *et al.*, 2020).

O perfil temporal do índice vegetativo NDVI de *Dalbergia nigra* foi crescente nos primeiros 4 anos, sofrendo uma leve queda e voltando a aumentar no sexto ano, com tendência de estabilização a partir desse período. Pereira *et al.* (2023) encontraram o valor médio de 0,521 em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake de 6,5 anos de idade. De acordo com Adorno *et al.* (2021) o plantio de espécies arbóreas para fins de regularização ambiental ou produção sustentável, com foco na recuperação de pastagens, aumenta o NDVI e a evapotranspiração, ao mesmo tempo em que reduz o albedo e as temperaturas superficiais.

Quanto ao desvio padrão do NDVI, o maior valor foi o de 2024. Brolo *et al.* (2020) analisando um sistema IPF destacam que uma das razões que provocam os maiores valores de desvio padrão, é a existência de mais de um alvo na área de estudo a depender do arranjo, neste caso, jacarandá-da-bahia e gramíneas. Isto faz com que a resposta espectral seja extremamente variada impactando nos valores do coeficiente de variação (CV) que aumentam devido a estes arranjos.

Conclusão

A análise do NDVI mostrou forte evolução dos níveis de fotossíntese e biomassa na área do experimento, o que demonstra que o plantio de jacarandá-da-bahia é uma boa escolha para sistemas silvipastoris com foco na reabilitação de pastagem degradada com solo completamente exposto. Por meio do NDVI, também foi possível observar o bom desenvolvimento da braquiária, apresentando alto índice fotossintético promovido pelas condições favoráveis do ambiente microclimático criado pelas árvores.

Referências

ARAÚJO, E. F.; GIBSON, E. L.; SANTOS, A. R. D.; GONCALVES, E. D. O.; WENDLING, I.; ALEXANDRE, R. S.; POLA, L. A. V. Mini-cutting technique for vegetative propagation of *Paratecoma peroba*. *Cerne*, v. 25, n. 1, p. 314–325, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760201925032647>.

ARAÚJO S. A. C.; SILVA, T. O.; ROCHA, N. S.; ORTÊNCIO, M. O. (2017). Growing tropical forage legumes in full sun and silvopastoral systems. *Acta Scientiarum*, v. 39, n. 1, p. 27-34. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i1.32537>.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

NASCIMENTO, J. S.; PEREIRA, Z. V.; FERNANDES, S. S. L.; PADOVAN, M. P. Riqueza e estrutura de sistemas agroflorestais biodiversos contribuem para a recuperação de áreas degradadas. In: ZUFFO, A. M.; AGUILERA, J. G. (Org.). **Agricultura 4.0**. Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2020. 114 p.

SCHEMBERGUE, A.; CUNHA, D. A. D.; CARLOS, S. D. M.; PIRES, M. V.; FARIA, R. M. Sistemas Agroflorestais como Estratégia de Adaptação aos Desafios das Mudanças Climáticas no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, n. 1, p. 9–30, 2017.

OLIVEIRA, C. H. R.; GOMES, R.; OLIVEIRA, F. B.; ANGELOS, J. S.; DAN, M. L. *Dalbergia nigra* (Vell.) grown using hydrogel planting methods in the establishment of a silvopastoral system in a degraded soil. **Rev. Ambiente e Água**, v.19, n. 1, p. e2951, 2024. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2951>

LIMA, M. H. R. M.; CUNHA, L. P.; OLIVEIRA, R. M. Acompanhamento temporal e estimativa de produtividade de sorgo por meio de imagem NDVI. **Revista Cerrado Agrociências**, v.14, n. 1, p. 56-64, 2023.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n. 6, p. 1-18, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.

ADORNO, B. V.; BARREIRA, S.; FERREIRA, M. E.; VELOSO, G. A. Influence of native and exotic tree plantations on biophysical indicators in the Brazilian Savanna. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.51, n. 1, p. e65815, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632021v5165815>

BROLO, R. R.; REIS, A. A.; ANTUNES, J. F. G.; LAMPARELLI, R. A. C. Utilização de séries temporais de imagens de sensoriamento remoto para a caracterização de sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP). **Anais XXVII Congresso Virtual de Iniciação Científica da Unicamp**: Unicamp, 2020. Disponível em: <https://www.prp.unicamp.br/inscricao-congresso/resumos/2020P16396A33745067.pdf>. Acesso em: 01 de setembro de 2025.

PEREIRA, M. P.; LEAL, F. A.; LEAL, G. da S. A.; PAULA, V. de M.; FEITOSA, A. A. N.; FIGUEIREDO, S. M. de M. Estimation of Eucalyptus urophylla S.T. Blake stands using artificial neural networks and vegetation indices. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 11, p. e60121143665, 2023. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i11.43665>

HAGUENIN, L.; MEIRELLES, R. M. S. Do período colonial à COP26: breve resgate histórico sobre as mudanças climáticas relacionadas ao uso da terra no Brasil. **Revbea**. v. 17, n. 5, p. 132-149, 2022. DOI: 10.34024/revbea.2022.v15.13930.

SEKARAN, U.; LAI, L.; USSIRI, D. A. N.; KUMAR, S.; CLAY, S. Role of integrated crop-livestock systems in improving agriculture production and addressing food security – A review. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100190>.

GONÇALVES, E. D. O.; PAIVA, H. N. D.; NEVES, J. C. L.; KLIPPEL, V. H.; CALDEIRA, M. V. W. Crescimento de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth sob diferentes doses de cálcio, magnésio e enxofre. **Revista Árvore**, v. 38, p. 251-260, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000200005>.

SILVA, M. W.; THIENGO, C. C.; DAN, M.; DE SOUZA, G. S. Sistemas silvipastoris e preparo do solo na renovação de pastagens degradadas no Espírito Santo. **Incapar**, 2021.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Ifes *campus* Alegre, Incaper, Fapes.