

## Utilização dos índices de vegetação para determinação da extensão do ciclo de vida do bambu em um fragmento localizado na região Leste do Acre

Use of vegetation indexes to determine the life cycle extension of bamboo in a fragment located in the eastern region of Acre

Uso de índices de vegetación para determinar la extensión del ciclo de vida del bambú en un fragmento ubicado en la región oriental de Acre

Recebido: 01/04/2022 | Revisado: 11/04/2022 | Aceito: 19/04/2022 | Publicado: 23/04/2022

**Jaquelyne Lins Januário**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3969-3257>  
Universidade Federal do Acre, Brasil  
E-mail: [jaquelyne027@gmail.com](mailto:jaquelyne027@gmail.com)

**Anelena Lima de Carvalho**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1391-0540>  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil  
E-mail: [anelenacarvalho@gmail.com](mailto:anelenacarvalho@gmail.com)

**Evandro José Linhares Ferreira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9591-9615>  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil  
E-mail: [evandro@inpa.gov.br](mailto:evandro@inpa.gov.br)

**Susana Maria Melo Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8745-9644>  
Universidade da Amazônia, Brasil  
E-mail: [susanamelo10@gmail.com](mailto:susanamelo10@gmail.com)

### Resumo

O objetivo do estudo foi monitorar e determinar a duração do ciclo de vida do bambu do gênero *Guadua* sp. em um fragmento localizado em Senador Guiomard – AC, através da aplicação de índices de vegetação. Foram obtidos e avaliados os índices NDVI, EVI e SAVI onde para isso foram utilizadas imagens provenientes de satélites Landsat 5, 7 e 8, do período de 1989 a 2021, adquiridas e processadas através da plataforma Google Earth Engine (GEE). No período de 1990-1991 foram constatados valores de NDVI variando entre 0,2 e 0,4 e valores negativos para o período de 2020-2021, indicando escassez da vegetação. Os resultados obtidos para EVI e SAVI indicam uma variação significativa quando o bambu estava maduro e demonstram a ocorrência de dois eventos de mortalidade da população de bambu, para o mesmo período. As análises dos índices de vegetação indicaram a ocorrência de dois eventos de mortalidade da população ocorrendo entre 1990 a 1991 e 2020 a 2021, confirmados pelas ocorrências das variações mais abruptas nos valores dos índices de vegetação, verificados nos gráficos e mapas gerados, podendo inferir um período de 29 anos para o ciclo de vida dessa população.

**Palavras-chave:** *Guadua*; Sensoriamento remoto; EVI; NDVI; SAVI; Amazônia.

### Abstract

The objective of the study was to monitor and determine the bamboo life cycle of the genus *Guadua* sp. in a fragment located in Senador Guiomard – AC, through the application of vegetation indices. The NDVI, EVI and SAVI indexes were obtained and evaluated using images from Landsat 5, 7 and 8 satellites, from 1989 to 2021, acquired and processed through the Google Earth Engine (GEE) platform. In the period 1990-1991, NDVI values ranging between 0.2 and 0.4 were found, and negative values for the period 2020-2021, indicating scarcity of vegetation. The results obtained for EVI and SAVI indicate a significant variation when the bamboo was mature and demonstrate the occurrence of two mortality events in the bamboo population, for the same period. The analysis of vegetation indices indicated the occurrence of two population mortality events occurring between 1990 to 1991 and 2020 to 2021, confirmed by the occurrence of the most abrupt variations in the values of the vegetation indices, verified in the generated graphs and maps, being able to infer a period of 29 years for the life cycle of this population.

**Keywords:** *Guadua*; Remote sensing; EVI; NDVI; SAVI; Amazon.

### Resumen

El objetivo del estudio fue monitorear y determinar la extensión del ciclo de vida del bambú del género *Guadua* sp. en un fragmento ubicado en Senador Guiomard – AC, a través de la aplicación de índices de vegetación. Los índices

NDVI, EVI y SAVI se obtuvieron y evaluaron utilizando imágenes de los satélites Landsat 5, 7 y 8, desde 1989 hasta 2021, adquiridas y procesadas a través de la plataforma Google Earth Engine (GEE). En el periodo 1990-1991 se encontraron valores de NDVI que oscilan entre 0,2 y 0,4, y valores negativos para el periodo 2020-2021, indicando escasez de vegetación. Los resultados obtenidos para EVI y SAVI indican una variación significativa cuando el bambú estaba maduro y demuestran la ocurrencia de dos eventos de mortalidad en la población de bambú, para el mismo período. El análisis de los índices de vegetación indicó la ocurrencia de dos eventos de mortalidad poblacional ocurridos entre 1990 a 1991 y 2020 a 2021, confirmados por la ocurrencia de las variaciones más abruptas en los valores de los índices de vegetación, verificados en los gráficos y mapas generados, pudiendo inferir un periodo de 29 años para el ciclo de vida de esta población.

**Palabras clave:** *Guadua*; Detección remota; EVI; NDVI; SAVI; Amazonia.

## 1. Introdução

Os bambus do gênero *Guadua* ocorrem no sudoeste da Amazônia, formando grandes manchas, e apresentam-se em diversas tipologias florestais. São gramíneas de rápido crescimento, podendo atingir uma altura de até 20 metros, com presença de espinhos em seus colmos, comportamento monocárpico e semélpara (Lage, 2010; Rockwell et al., 2014; Siviero et al 2019). Os bambus demonstram alta capacidade de regeneração de solos degradados, bem como controle da erosão e formação de matas ciliares para evitar o assoreamento dos rios, mas o monitoramento das suas populações é complexo, tendo em vista que seu ciclo de vida varia de 28 a 32 anos (Silveira, 2001; Carvalho et al., 2013; Pedrangelo et al., 2020).

A ocorrência de um ciclo único de vida e sincronizado tem possibilitado o aumento da diversidade de espécies e alterações na dinâmica de sucessão das florestas, o que demonstra que o ciclo de vida do bambu, apesar de intrigante, ainda é pouco estudado (Budke et al., 2010; Silva, 2020). Tal fato pode ser atribuído às poucas coletas de material fértil, em decorrência da sua altura, ou ainda de sua localização de difícil acesso (Carvalho, 2009; Rodrigues et al., 2021). Desta forma, as ferramentas de sensoriamento remoto surgem como soluções de alta precisão para o monitoramento do florescimento, mortalidade, regeneração, crescimento, estabelecimento e dominância das populações de bambu. A partir das imagens de satélites obtidas, é possível identificar e monitorar mudanças espaciais na vegetação e no solo, bem como identificar padrões temporais (Silveira, 2001; Carvalho, 2013; Teluguntla et al., 2018).

Em função da variação de densidade da folhagem de bambu a detecção de suas populações fica bastante evidente, mas sua tonalidade em composição falsa cor sofre mudanças a depender da fase de vida em que se encontra, já que a reflectância das bandas espectrais tende a mudar (Carvalho, 2009). A utilização dos índices de vegetação como NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), EVI (*Enhanced Vegetation Index*) e SAVI (*Soil-Adjusted Vegetation Index*) permitem monitorar o comportamento e sanidade dos mais diversos tipos de vegetação, bem como prever riscos de incêndios florestais, determinar eficiência fotossintética e potencial produtivo, auxiliar no monitoramento de desmatamento e avaliar interações solo-vegetação (Silva et al., 2017; Oliveira et al., 2019; Damasceno et al., 2020; Eduvirgem et al., 2021; Nugraha & Citra, 2021; Souza & Filho, 2021), podem ser ferramentas importantes para identificar as diferentes fases do ciclo de vida do bambu, em especial do seu período de mortalidade. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi monitorar e determinar a duração do ciclo de vida de uma população de bambu, localizada em Senador Guimard – AC, através da aplicação de índices de vegetação.

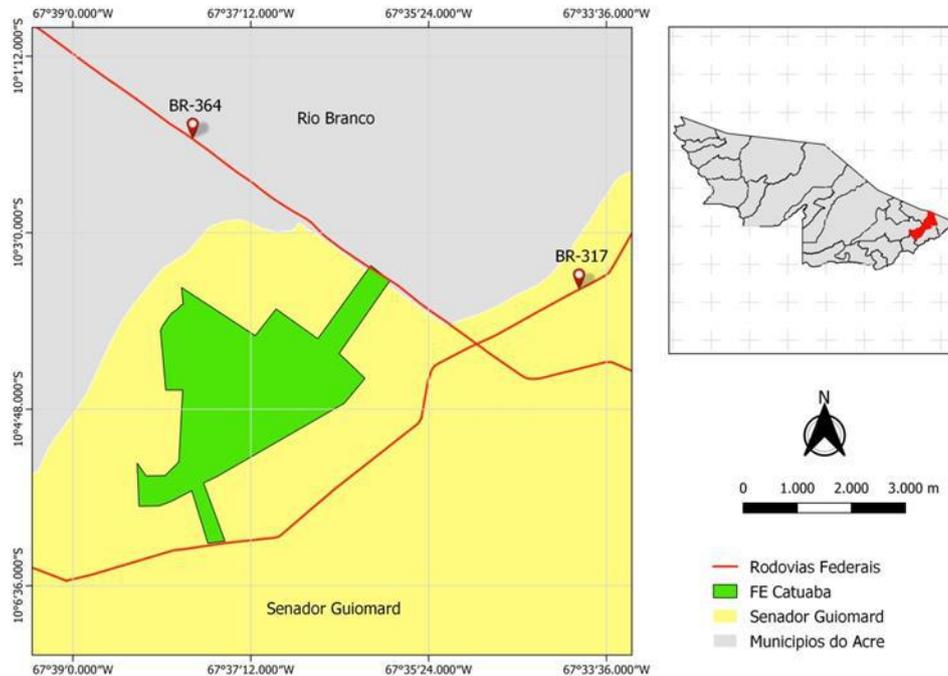
## 2. Metodologia

### Área de estudo

O presente trabalho ocorreu na Fazenda Experimental Catuaba (10° 04' S; 67° 37' W; 214 m) cuja localização se encontra no km 23 as margens da BR – 364 no sentido Rio Branco – Porto Velho, no município de Senador Guimard, conforme mostra a Figura 1. A FE Catuaba está localizada em uma área de floresta mista, composta por floresta primária e secundária, possuindo em sua maioria vegetação do tipo Floresta Ombrófila Aberta com Bambu e Floresta Ombrófila Aberta com Palmeiras, apresentando vasta densidade e predomínio de bambus, palmeiras e cipós por toda a sua área de subosque

(Morato & Martins, 2005; Souza et al., 2008; Acre, 2010; Hechenberger, 2018).

**Figura 1** – Mapa de localização da Fazenda Experimental Catuaba – município de Senador Guimard, Estado do Acre - Brasil.



Fonte: Autores (2021).

O local de estudo apresenta clima com estações bem definidas, com período chuvoso entre os meses de outubro a abril e período seco indo de abril a outubro (Duarte, 2006; Hechenberger, 2018). E, muito embora o Zoneamento Ecológico Econômico – ZEE demonstre o domínio de uma única ordem de solos, Amaral et al. (2020) demonstra em seu estudo que a FE Catuaba apresenta as seguintes tipologias de solo, seguindo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos: LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO Alumínico típico, ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico, PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico e GLEISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico. Trata-se de solos com baixa fertilidade natural, encontrados em virtude da formação geológica que ocorre na área de estudo (Formação Solimões) além da predominância de relevo suave a ondulado de topo tabular e vales encaixados (Acre, 2010; Bardales et al., 2010; Amaral et al. 2020; Silveira et al., 2020).

### Índices de vegetação

Foi avaliada uma série histórica das imagens Landsat 5, Landsat 7 e Landsat 8, através da plataforma Google Earth Engine – GEE, considerando o período de 1990 à 2021, em busca de indícios de eventos de mortalidade para aferir a extensão do ciclo de vida da população de bambu estudada. Foram adotadas as bandas B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7 e pixel\_qa para Landsat 5, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7 e pixel\_qa para Landsat 7 e B2, B3, B4, B5, B6, B10, B7 e pixel\_qa para Landsat 8.

Todo o processamento das imagens foi conduzido em parte da plataforma do GEE (<https://earthengine.google.com/>) chamada de CODE, por meio de script, sendo necessária primeiramente a aplicação de máscaras para a correção de nuvens para a banda pixel\_qa SR landsat 5,7 e 8, sendo essa uma forma de diminuir os ruídos na imagem e possibilitar um melhor processamento. Posteriormente, delimitou-se a área de estudo através de arquivo em formato shapefile com os limites da FE Catuaba. Ademais, foram aplicados os índices de vegetação NDVI, EVI e SAVI para a área de estudo no período já definido.

O NDVI é um dos índices de vegetação, de base global operacional, mais utilizado por permitir o cancelamento de

ruídos causados por mudanças de ângulos, topografia, nuvens, condições atmosféricas e afins (Matsushita et al., 2007). Através da mensuração de clorofila e absorção de energia, o NDVI é uma razão entre as diferenças das reflectâncias das bandas do Vermelho próximo e vermelho pela soma das mesmas (Allen et al., 2002; Silva et al., 2017), podendo ser obtido a partir da seguinte equação:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{R}}{\text{NIR} + \text{R}} \quad (1)$$

Onde, NIR é a faixa espectral de reflectância do infravermelho próximo e R é a faixa espectral de reflectância do vermelho.

De modo geral, os valores de NDVI variam de -1 a 1, onde quanto mais próximo de 1 o valor estiver, maior será a cobertura vegetal da área, tendo em vista que as plantas saudáveis apresentam altos valores positivos por absorver melhor a luz vermelha visível (Rosendo, 2005; Tavora et al., 2011).

O EVI possui uma sensibilidade maior que o NDVI, pois incorpora ajustes de fundo e redução nas influências atmosféricas, permitindo processar imagens de regiões com alta quantidade de biomassa e aprimora a capacidade de monitoramento da vegetação (Matsushita et al., 2007), podendo ser obtido a partir da seguinte equação:

$$\text{EVI} = G * \frac{\text{NIR} - \text{R}}{\text{L} + \text{NIR} + \text{C1} * \text{R} - \text{C2} * \text{B}} \quad (2)$$

Onde:

NIR é a faixa espectral de reflectância do infravermelho próximo, R é a faixa espectral de reflectância do vermelho, L é o fator de ajuste para o solo, G é o fator de ganho, C1 e C2 são os coeficientes de ajuste para efeitos dos aerossóis na atmosfera.

Para minimizar as influências do solo na caracterização do dossel das plantas, Huete (1988) desenvolveu SAVI, que pode ser expresso pela seguinte equação (Eastman, 2006):

$$\text{SAVI} = \frac{(\rho\text{NIR} - \rho\text{Red})}{\rho\text{NIR} + \rho\text{Red} + \text{L}} * (1 + \text{L}) \quad (3)$$

Onde:

$\rho\text{NIR}$  é a reflectância na banda do infravermelho próximo,  $\rho\text{Red}$  é a reflectância na banda do vermelho e L é o fator de ajuste para o substrato do dossel. Para cobertura vegetal muito baixa, Huete (1988) sugere o fator L de 1,0; para cobertura vegetal intermediária, fator 0,5, e para altas densidades de vegetação, fator 0,25. Quando o valor L for igual a zero, o índice SAVI equivalerá ao índice NDVI.

Após o processamento dos índices, foram gerados gráficos com as séries históricas dos índices. Foram aplicados os testes estatísticos de normalidade Shapiro-Wilk e o teste estatístico não-paramétrico de Kruskal-wallis para comparar os resultados de NDVI, EVI e SAVI entre os anos avaliados.

### 3. Resultados e Discussão

A avaliação da série histórica dos índices de vegetação demonstrou variações ao longo dos anos analisados (Figura 3). Os valores de NDVI apresentaram diferenças significativas entre as médias anuais, ( $p = 2,547^{-13}$ ). Para os anos em que o bambu se encontrava vivo, os valores de NDVI variaram de 0,5 a 0,9. No período de 1990-1991 foram constatadas quedas nos valores de NDVI, variando entre 0,2 e 0,4, indicando escassez da vegetação no local do estudo. Valores similares aos encontrados por Silva e Galvêncio (2013) para vegetação localizada em área de caatinga, considerada como vegetação escassa. Outra queda abrupta nos valores foi registrada no ano de 2020, onde foi observado valor abaixo de -0,1 para NDVI, demonstrando escassez de vegetação saudável, devido à ocorrência da mortalidade da população de *Guadua weberbaueri* na

área de estudo, logo após a mortalidade ocorre acúmulo de material morto e seco (colmos do bambu) em grandes manchas (Figura 2).

**Figura 2** – Imagens de colmos de bambu (*Guadua weberbaueri*) em fase de mortalidade na Fazenda Experimental Catuaba – município de Senador Guimard – AC.

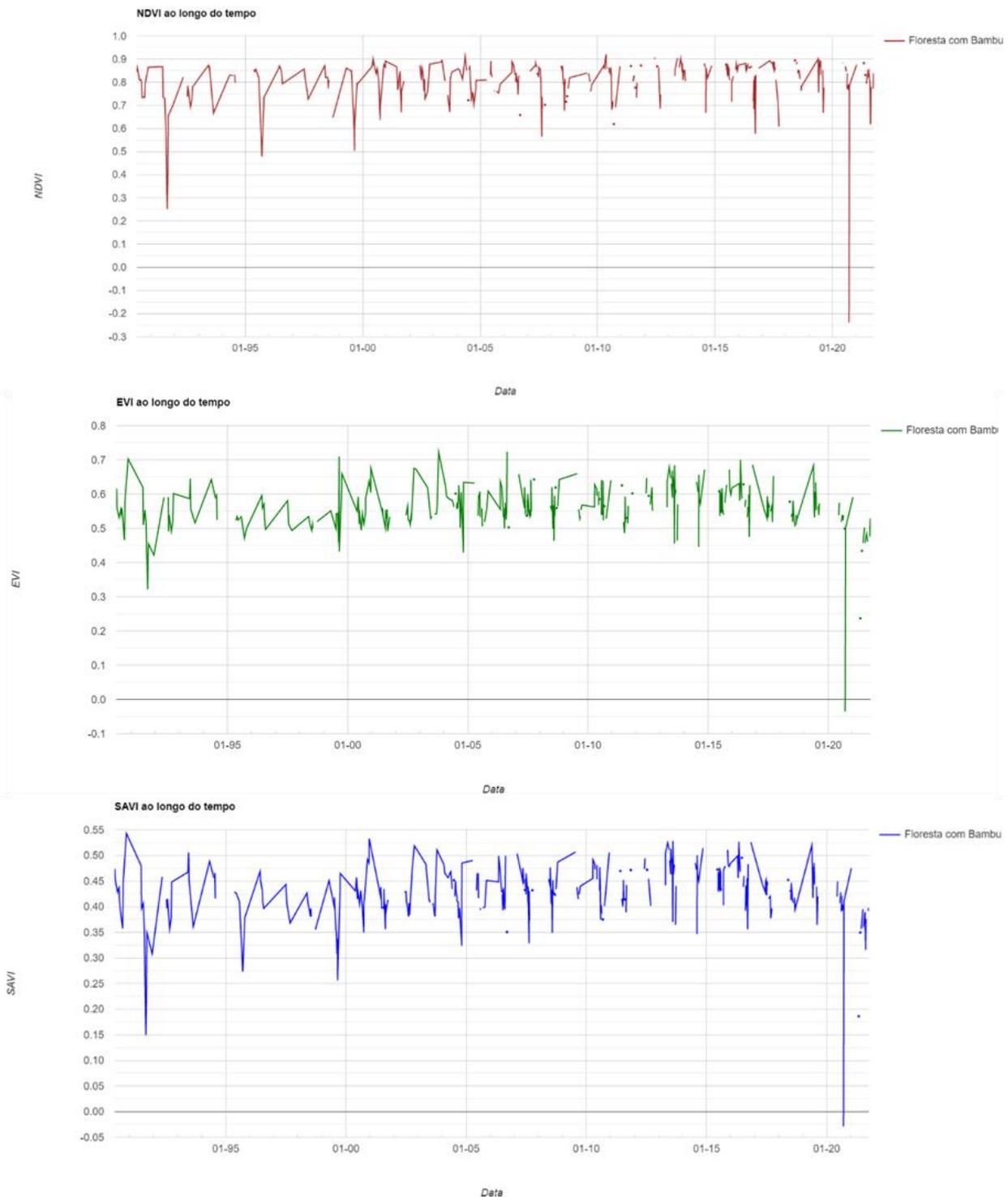


Fonte: INPA/NAPAC (2021).

Em termos gerais, os valores de NDVI estiveram em torno de 0,7, apresentando quedas abruptas em determinados períodos, como em 1991 onde o valor de NDVI cai para aproximadamente 0,2 e volta a cair no ano de 2020, para um valor abaixo de 0. Estes resultados se aproximam dos resultados apresentados por Carvalho (2009), que identificou valores baixos de NDVI para bambu recém-morto, que variaram de 0,4 a 0,8. Assim como Silva et al. (2017), que avaliando áreas em regeneração após ocorrência de incêndio florestal, encontrou redução dos colmos de bambu.

Da mesma forma foram identificadas diferenças significativas nos valores de EVI e SAVI ( $p \leq 2,194^{-06}$ ). Os resultados obtidos para EVI indicam uma variação de 0,5 a 0,8 para o bambu vivo e demonstram a ocorrência de quedas nos valores dos índices indicando a ocorrência de mortalidade da população de bambu, no período de 1991 e 2020, evidenciando a queda nos valores de EVI da área. SAVI indicou variação de -0,05 para o período de 2020-2021. Carvalho (2009) também encontrou dados similares, corroborando a hipótese dos dois períodos de mortalidade, para qual os valores baixos de NDVI, EVI e SAVI são correlacionados às fases de mortalidade e pós-morte do bambu. Conforme Figura 3, é possível observar a variação no mesmo período para os três índices analisados, no mesmo período, entre os anos de 1990-1991 e os anos de 2019-2020.

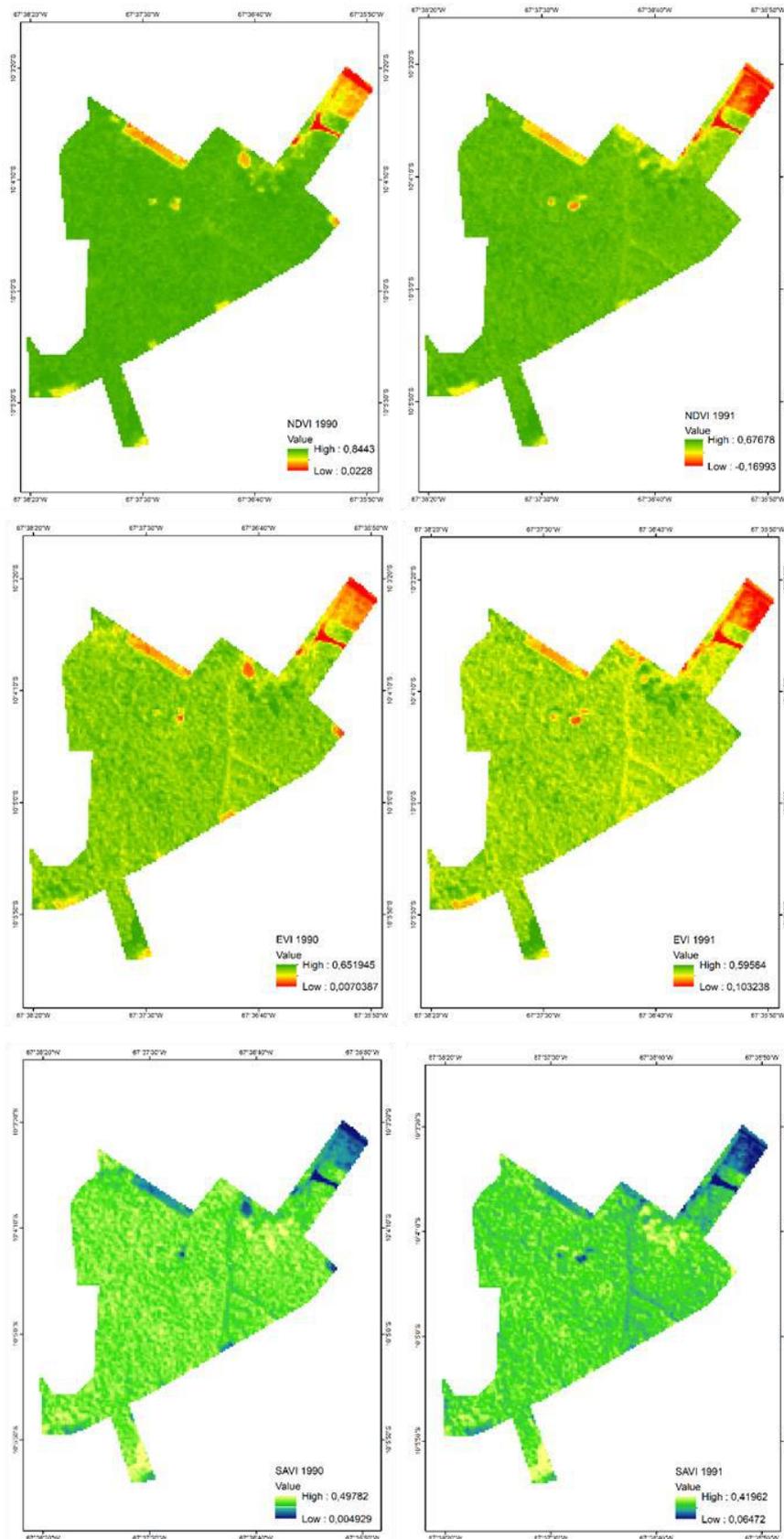
**Figura 3** – Série histórica dos índices de vegetação (NDVI, EVI, SAVI) para as amostras de áreas com bambu da Fazenda Experimental Catuaba – Senador Guimard, AC.



Fonte: Autores (2022).

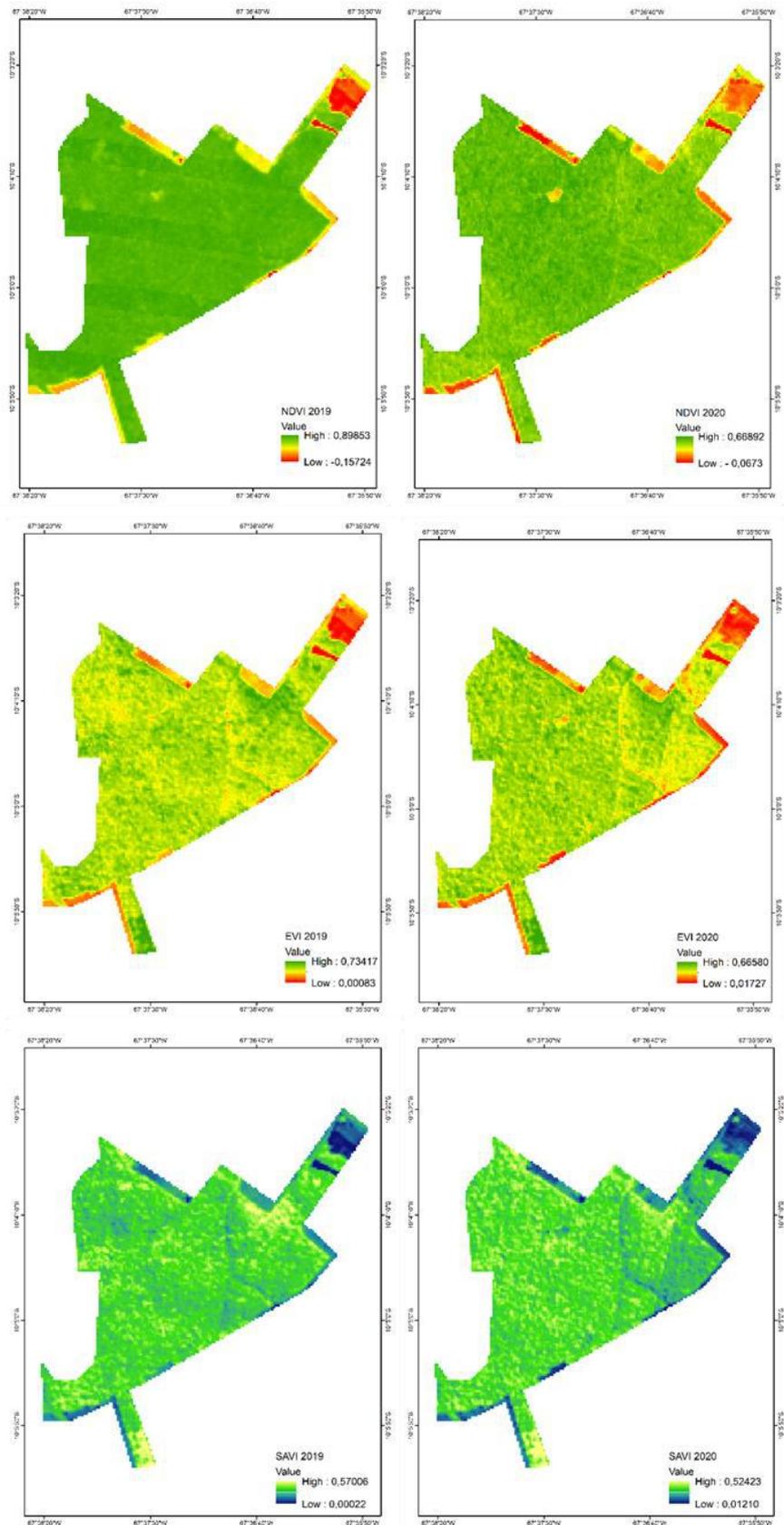
Para os anos que indicaram queda mais abrupta nos valores dos índices foram gerados mapas a fim de comparar e demonstrar melhor visualmente os valores encontrados para o período e seu ano anterior, como é possível observas nas figuras 4 e 5. Foram encontrados valores mínimos sempre igual ou abaixo de 0, demonstrando escassez de vegetação saudável na área.

**Figura 4** – Mapas dos índices de vegetação NDVI, EVI e SAVI da Fazenda Experimental Catuaba nos anos de 1990 e 1991.



Fonte: Autores (2022).

**Figura 5** – Mapas dos índices de vegetação NDVI, EVI e SAVI da Fazenda Experimental Catuaba nos anos de 2019 e 2020.



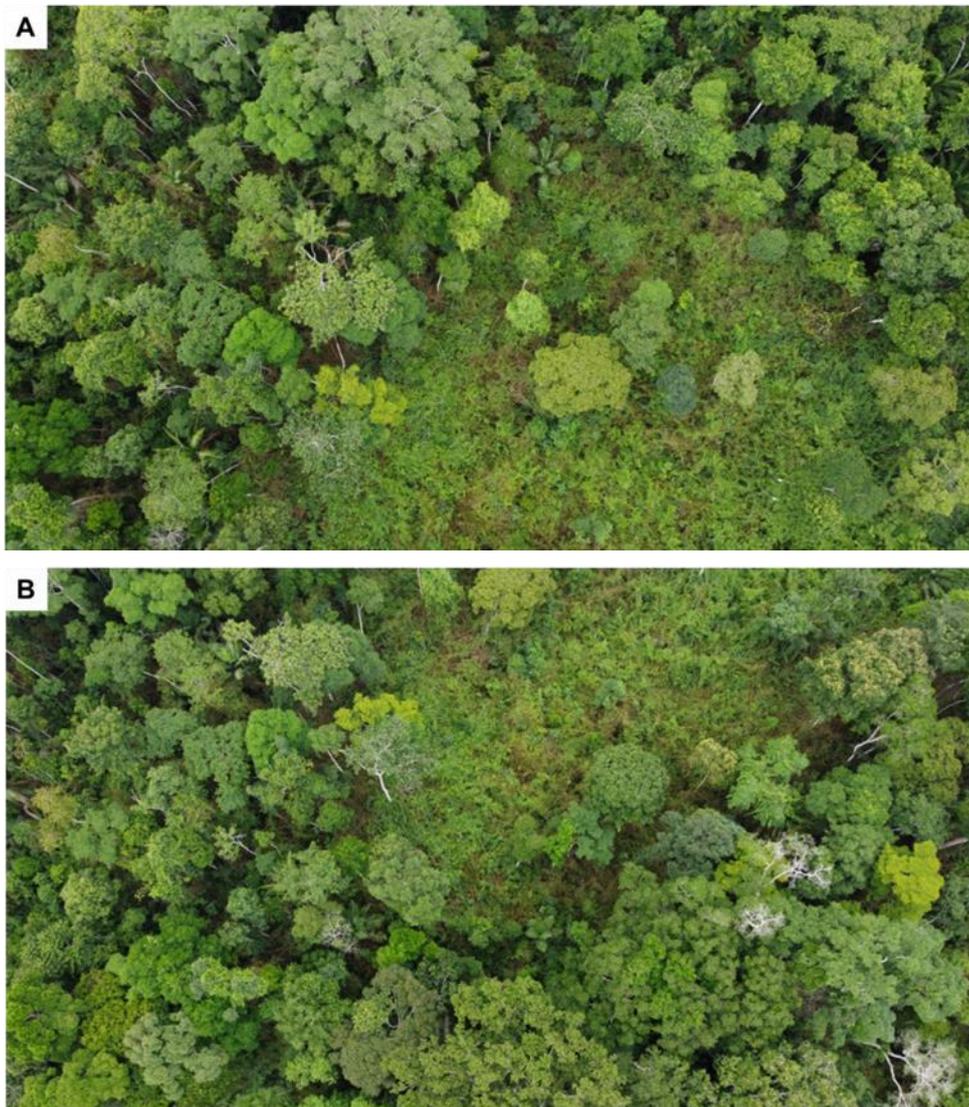
Fonte: Autores (2022).

Considerando o intervalo entre a ocorrência das variações mais abruptas nos valores dos índices de vegetação,

podemos inferir um intervalo de 29 anos entre os eventos de mortalidade da população de bambu na FE Catuaba. Os valores encontrados estão de acordo com diferentes autores sobre o comprimento do ciclo de vida de *Guadua weberbaueri* entre 28 a 32 anos (Carvalho et al., 2013; Nelson & Bianchini, 2005).

O evento de mortalidade do ano de 2020 foi também confirmado em campo, onde foram registradas imagens aéreas do local. Cabe ressaltar os valores da densidade de bambu apresentadas em trabalhos realizados no mesmo local no período em que o bambuzal se encontrava vivo e no período após mortalidade. De acordo com Hencheberger (2018) a área de estudo em 2017 apresentava dominância de bambu maduro no subosque, chegando à densidade de 1.583 colmos por hectare. Já Andrade, Ferreira, Januário, Araújo e Rodrigues (2021) encontraram redução de 29,31% na abundância e valores acima de 60% para taxa de mortalidade na mesma área, indo de encontro com os resultados levantados nesse estudo, conforme mostra a Figura 5.

**Figura 6** – Imagens coletadas, em dezembro de 2021 com o auxílio de drone, de uma clareira formada após o período mortalidade de *Guadua weberbaueri* na Fazenda Experimental Catuaba, município de Senador Guiomard - AC.



Fonte: INPA/NAPAC (2021).

#### 4. Conclusão

Através da análise da série histórica dos índices de vegetação (NDVI, EVI e SAVI) foi possível identificar quedas abruptas de seus valores em dois períodos distintos, nos anos de 1991 e 2020, indicando a ocorrência de dois eventos de

mortalidade da população de *Guadua weberbaueri*, com um intervalo de 29 anos, que corresponde a duração do ciclo de vida do bambu da localidade avaliada.

Tais resultados demonstram o potencial de utilização dos índices de vegetação para monitoramento e determinação da extensão do ciclo de vida do bambu da região. Para tal, é necessário reaplicar a técnica para outras áreas, a fim de se refinar a metodologia e corroborar o seu potencial de uso.

## Referências

- ACRE–Governo do Estado do Acre. (2010). Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. *Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre Fase II: documento Síntese-Escala 1: 250.000*. Rio Branco, AC. 78 p.
- Allen, R. G., Tasumi, M., Trezza, R., Waters, R., & Bastiaanssen, W. (2002). Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL)–Advanced training and Users Manual. *Kimberly: Idaho Implementation*. v. 1, 98 p.
- Amaral, E. F., da Silva, J. R. T., Ribeiro, M. A., Bardales, T. K. D. O., do Amaral, E. F., & Lani, J. L. (2020). Relações solo-paisagem na fazenda experimental Catuaba. *Embrapa Acre – Capítulo em livro técnico* (INFOTECA-E). 22 p.
- Andrade, V. J. G., Ferreira, E. J. L., Januário, J. L., Araújo, C. F. M., & Rodrigues, Y. O. (2021). Monitoramento da mortalidade de colmos do bambu lenhoso *Guadua weberbaueri* Pilg. em um fragmento florestal do leste do Acre. In: *XII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*. Salvador, BA. 5 p.
- Bardales, N. G., Rodrigues, T. E., Oliveira, H., Amaral, E. F., Araújo, E. A., Lani, J. L., Melo, A. W. F., & Amaral, E. F. (2010). Formação, classificação e distribuição geográfica dos solos do Acre. In: *ACRE. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Recursos Naturais: geologia, geomorfologia e solos do Acre. ZEE/AC, fase II, escala 1:250.000*. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre. Rio Branco: SEMA. p. 64-91.
- Budke, J. C., Alberti, M. S., Zanardi, C., Baratto, C., & Zanin, E. M. (2010). Bamboo dieback and tree regeneration responses in a subtropical forest of South America. *Forest Ecology and management*, 260(8), 1345-1349.
- Carvalho, A. L. (2009). *Ciclo de vida de populações de bambu (Guadua Spp.) no tempo e no espaço, no sudoeste da Amazônia*. 2009. 66 f (Doctoral dissertation, Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais)–Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus).
- Carvalho, A. L. D., Nelson, B. W., Bianchini, M. C., Plagnol, D., Kuplich, T. M., & Daly, D. C. (2013). Bamboo-dominated forests of the southwest Amazon: detection, spatial extent, life cycle length and flowering waves. *PLoS one*, 8(1), e54852.
- Damasceno, V. G., Torres, A. F. F., Neto, C. F. S., da Silva, R. G., & Cândido, M. J. D. (2020). Índice de vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para estimativa do potencial produtivo de forrageiras exóticas. In: *V Congresso Internacional das Ciências Agrárias*. Recife, PE. 2526-7701, 17 p.
- Duarte, A. F. (2006). Aspectos da climatologia do Acre, Brasil, com base no intervalo 1971-2000. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 21(3b), 308-317.
- Eduvirgem, R. V., Pericato, A. J., Athaydes, T. V. S., & Parolin, M. (2021). Breve abordagem utilizando Índice de Vegetação em Unidades de Conservação com Google Earth Engine. *Terrae Didática*, 17, e021027-e021027.
- Eastman, J. R. (2006). IDRISI Andes guide to GIS and image processing. *Clark University, Worcester*, 328 p.
- Hechenberger, S. (2018). *Florística, fitossociologia e danos físicos causados pelo bambu (Guadua weberbaueri Pilg.) em espécies arbóreas de Floresta Ombrófila Aberta com Bambu no leste do Acre*. 2018 90 f (Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal) Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre).
- Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote sensing of environment*, 25(3), 295-309.
- Lage, J.L. (2010). *A utilização do bambu como material não convencional e sustentável na construção civil*. Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais, MG, 56 p.
- Matsushita, B., Yang, W., Chen, J., Onda, Y., & Qiu, G. (2007). Sensitivity of the enhanced vegetation index (EVI) and normalized difference vegetation index (NDVI) to topographic effects: a case study in high-density cypress forest. *Sensors*, 7(11), 2636-2651.
- Morato, E. F., & Martins, R. P. (2005). Diversidade e composição da fauna de vespas e abelhas solitárias do estado do Acre. Amazônia Sul–Occidental. *Revista PM Drumond*, 11-40.
- Nelson, B. W., & Bianchini, M. C. (2005). Complete life cycle of southwest Amazon bamboos (*Guadua* spp) detected with orbital optical sensors. *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE, Goiânia, Brasil*, 1629-1636.
- Nugraha, A. S. A., & Citra, I. P. A. (2021). Perbandingan Metode Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) dan Forest Canopy Density (FCD) untuk Identifikasi Tutupan Vegetasi (Kasus; Area Pembuatan Jalan Baru Singaraja-Mengwi). *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, 18(1), 1-8.
- Oliveira, D. A. S., Silva, J. L. B., Lopes, I., Pinheiro, A. G., & Santos, C. G. (2019). Mapping remote sensing degradation in bamboo forest. *Revista Ambientale*, 11(1), 11-23.
- Pedrangelo, A.C.S., Dias, J. L., Kattel, C. C. L. B., & Moreiras, S. T. F. (2020). Considerações sobre o material Bambu: Potencialidades e desafios no Brasil. *Revista Mundí Engenharia, Tecnologia e Gestão*. 5(7), 288-01, 288-15.

- Rockwell, C. A., Kainer, K. A., d'Oliveira, M. V. N., Staudhammer, C. L., & Baraloto, C. (2014). Logging in bamboo-dominated forests in southwestern Amazonia: Caveats and opportunities for smallholder forest management. *Forest Ecology and Management*, 315, 202-210.
- Rodrigues, Y. O., Ferreira, E. J. L., Carvalho, A. L., Filomeno, C., de Araújo, M., & Andrade, V. J. G. (2021). Frequência, tamanho e distribuição de manchas de mortalidade de populações de bambu no sudoeste da Amazônia. In: *XII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*. Salvador, BA. 5 p.
- Rosendo, J. D. S. (2005). Índices de vegetação e monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na bacia do rio Araguaí-MG-utilizando dados do sensor Modis. *Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia*.
- Silva, L. G., & Galvínio, J. D. (2013). Análise Comparativa da Variação nos Índices NDVI e SAVI no Sítio PELD-22, em Petrolina-PE, na Primeira Década do Século XXI (Comparative Analysis of Changes in NDVI and SAVI in PELD-22-Petrolina-PE, in the First Decade of the XXI Century). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 5(6), 1446-1456.
- Silva, S. S., Graça, P. M. L. A., Numata, I., Ferreira, E. J. L., Fearnside, P. M., dos Santos, E. A., & Norte, U. U. E. (2017). Incêndios florestais como fator de mudança na dominância do bambu em florestas abertas no leste do Acre. *XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos-SP, 28 a 31 de maio de 2017*, v. 1(1), pg. 5605-5611.
- Silva, M.C. (2020). *Dinâmica do bambu (Guadua weberbaueri Pilger. Poaceae) em função da sazonalidade climática no leste do Acre*. 71 p. (Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal). Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre).
- Silveira, M. (2001). *A floresta aberta com bambu no sudoeste da Amazônia: padrões e processos em múltiplas escalas*. 109 p. (Tese (Doutorado em Ecologia)—Universidade de Brasília, Brasília).
- Silveira, M., Guilherme, E., & Vieira, L. J. S. (2020). Fazenda Experimental Catuaba: o seringal que virou laboratório-vivo em uma paisagem fragmentada no Acre. *Stricto Sensu Editora, Acre*. 373 p.
- Siviero, A., Santos, R., & Mattar, E. (2019). Conservação e tecnologias para o desenvolvimento agrícola e florestal no Acre. *Embrapa Acre-Livro científico (ALICE)*.
- Souza, V. M. D., Souza, M. B. D., & Morato, E. F. (2008). Efeitos da sucessão florestal sobre a anurofauna (Amphibia: Anura) da Reserva Catuaba e seu entorno, Acre, Amazônia sul-ocidental. *Revista Brasileira de Zoologia*, 25, 49-57.
- Souza, S. M., & Filho, A. C. P. (2021). Índices de vegetação aplicados á identificação de tipos de cultura. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*. Recuperado de <https://www.periodicorease.pro.br/rease/article/view/389>
- Távora, B. E., Egert, R., & Beltrão, L. (2011). Aplicação do Índice de Vegetação por Diferenças Normalizadas na avaliação da recuperação de danos em áreas degradadas. *Boletim Científico ESMPU*, 10(35), 85-95.
- Teluguntla, P., Thenkabil, P. S., Oliphant, A., Xiong, J., Gumma, M. K., Congalton, R. G., & Huete, A. (2018). A 30-m landsat-derived cropland extent product of Australia and China using random forest machine learning algorithm on Google Earth Engine cloud computing platform. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 144, 325-340.