

DINÂMICA TEMPORAL DE NDVI e EVI NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO HORIZONTE, UTILIZANDO SATVEG

Bruno Fernandes Teodoro¹, Maria Catarine Pedroza Nunes Fernandes², Vinicio Crissafe dos Santos Lemos¹, Rubno Silvestre Frago dos Reis¹, Jéferson Luiz Ferrari¹

¹Instituto Federal do Espírito Santo/Campus de Alegre, km 47 da Rodovia BR-482 (Cachoeiro de Itapemirim – Alegre), no distrito de Rive, Alegre-ES, Brasil, brunobruno10047@gmail.com, crissafevinicio123@gmail.com, rubnoreis1@gmail.com, ferrarijl@ifes.edu.br.

²Departamento de Medicina Veterinária - Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Universidade Federal do Espírito Santo. Alto Universitário, s/n, Alegre- ES CEP: 29500-000, mariacatarinepedrozanunes@gmail.com

Resumo

O SATVeg, desenvolvido pela Embrapa informática Agropecuária, é uma ferramenta de monitoramento da cobertura vegetal na América do Sul por meios de imagens MODIS dos satélites Terra e Aqua. Essa plataforma calcula os índices NDVI e EVI, que possibilitam a análise temporal da biomassa vegetal e de padrões sazonais. O presente estudo busca analisar a dinâmica temporal dos índices NDVI e EVI das principais classes de uso e cobertura da terra fragmento florestal, pastagem, na sub-bacia hidrográfica do Córrego Horizonte, utilizando a ferramenta SatVeg, a fim de compreender as transformações na vegetação ao longo do tempo. Deste modo, para o reconhecimento detalhado da área, foi elaborado um mapa de localização da área de estudo, com a definição dos pontos amostrados e foram obtidos os valores de NDVI e EVI, dos satélites Terra e Aqua obtidas a partir do SATVeg. Esse procedimento foi realizado por meio do software QGIS, versão 3.32.3. A ferramenta contribuiu para a visualização da mudança vegetativa ao longo dos anos e analisar os índices de NDVI e EVI.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto. Monitoramento da vegetação. Mudança no uso do solo. Geotecnologias. Dinâmica sazonal.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias - Engenharia Agrônômica.

Introdução

O SATVeg, desenvolvido pela Embrapa Informática Agropecuária, monitora mudanças na cobertura vegetal da América do Sul ao longo do tempo. Utiliza imagens do sensor MODIS, a bordo dos satélites Terra e Aqua, para calcular os índices NDVI e EVI, gerando gráficos que mostram a variação da biomassa vegetal (SATVeg-Embrapa, 2025).

Considerando a ampla extensão territorial do país, a utilização de dados obtidos por meio do sensoriamento remoto orbital, especialmente séries temporais de imagens, configura-se como uma ferramenta valiosa para o monitoramento contínuo do uso e da cobertura da terra, bem como de suas mudanças ao longo do tempo. Os índices de vegetação, que são gerados a partir do sensoriamento remoto, foram criados com o intuito de reduzir os efeitos do solo e de outros elementos na resposta espectral da vegetação (Huete et al., 2002). Conforme destacado por Jackson e Huete (1991), esses índices visam intensificar o sinal refletido pela vegetação, atenuando ao mesmo tempo as influências do solo e da radiação solar. Quando analisados periodicamente por sensores com alta frequência de aquisição, os índices vegetativos permitem identificar padrões temporais distintos para cada tipo de cobertura vegetal. Assim, eles representam uma abordagem metodológica alternativa para o mapeamento, fundamentada não em uma imagem isolada, mas em uma sequência temporal de dados,

A Ciência do **NANO** e seu impacto transformador no **MACRO**

possibilitando caracterizar a sazonalidade da vegetação e suas mudanças ao longo do ano (Abade, 2015).

Dada a grande extensão do bioma, o uso de dados produzidos pelo sensoriamento remoto orbital, em especial as séries temporais de imagens, apresenta-se como uma ferramenta importante para o monitoramento sistemático do uso e cobertura da terra e suas transições ao longo do tempo. Os índices de vegetação são produtos do sensoriamento remoto e foram desenvolvidos para minimizar a influência do solo e de outros alvos no comportamento espectral da vegetação. Quando observados ao longo do tempo com certa regularidade, a partir de plataformas com elevada resolução temporal, os índices vegetativos são capazes de representar as assinaturas temporais de cada tipo de cobertura vegetal. Tais informações apresentam-se como uma alternativa metodológica de mapeamento, baseada não apenas em uma única data, mas em um conjunto delas, de forma a caracterizar a sazonalidade da vegetação e suas transições (Abade, 2015).

O sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), operado pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), está embarcado nos satélites Terra e Aqua. Ele é equipado com 36 faixas espectrais e oferece resoluções espaciais de 250, 500 e 1000 metros, conforme a banda utilizada (MODIS, 2016). Dentre os produtos já processados e disponibilizados pelo LP-DAAC (*Land Processes Distributed Active Archive Center*), um centro vinculado à NASA, destaca-se o MOD13Q1, que fornece dois índices de vegetação amplamente utilizados: o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) — Índice de Vegetação por Diferença Normalizada o EVI (Enhanced Vegetation Index) — Índice de Vegetação Melhorado.

Os índices de vegetação são ferramentas matemáticas utilizadas para analisar a cobertura vegetal a partir de imagens capturadas por satélites ou drones. Eles ajudam a identificar a saúde, densidade e tipo da vegetação em determinada área, sendo muito utilizados em estudos ambientais, agricultura de precisão, monitoramento de florestas, e até em diagnósticos de áreas degradadas (Abade, 2015).

O NDVI é calculado a partir da razão normalizada entre as reflectâncias das bandas do infravermelho próximo e do vermelho visível. De acordo com Huete, Justice e Liu (1994), embora os diferentes índices de vegetação sejam baseados em fórmulas metodologicamente adequadas, eles podem gerar resultados distintos ao serem aplicados sobre um mesmo objeto ou cobertura. Deste modo, o EVI foi criado com o objetivo de aumentar a sensibilidade à vegetação e representar de forma mais precisa as características estruturais do dossel vegetal (Van Leeuwen et al., 1999). Esse índice é expresso por uma equação que combina as bandas do infravermelho próximo, do vermelho e do azul (Justice et al., 1998).

O presente estudo tem como objetivo analisar a dinâmica temporal dos índices NDVI e EVI das principais classes de uso e cobertura da terra, fragmento florestal, pastagem, na sub-bacia hidrográfica do Córrego Horizonte, utilizando a ferramenta SatVeg, a fim de compreender as transformações na vegetação ao longo do tempo.

Metodologia

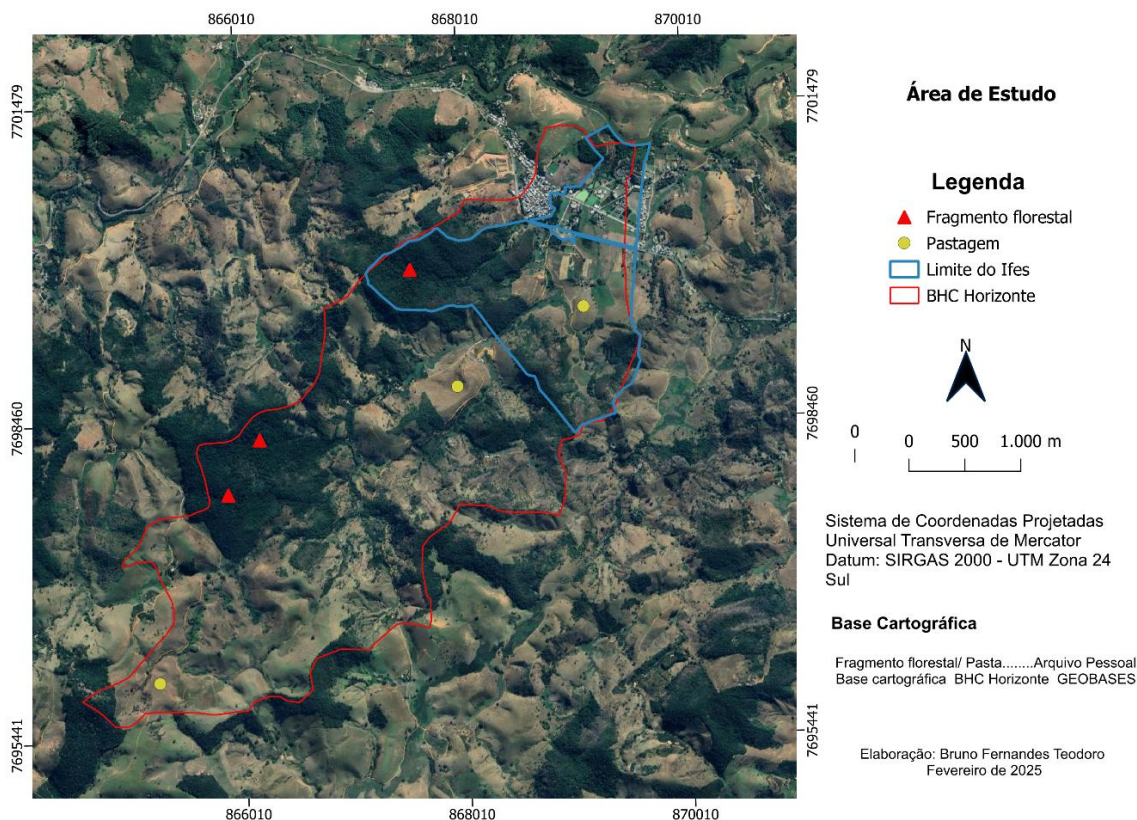
A sub-bacia hidrográfica do Córrego Horizonte está situada no município de Alegre, no extremo sul do Espírito Santo, Brasil e integra a sub-bacia do rio Itapemirim. Possui área aproximada de 13,18 km², que abrange o Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) – Campus de Alegre (Ferrari et al., 2013; Ferrari et al., 2015).

A região apresenta relevo predominantemente ondulado, com altitudes variando de 100 a 700 m. O clima é classificado como tropical quente úmido (Cwa, segundo Köppen), com estação seca no inverno e verão chuvoso. A cobertura da terra é caracterizada por áreas de pastagens, fragmentos de vegetação nativa, áreas agrícolas e infraestrutura urbana.

Para o reconhecimento detalhado da área, foi elaborado um mapa de localização da área de estudo, com a definição dos pontos amostrados (Figura 1). No mapa é possível observar o limite da sub-bacia hidrográfica do Córrego Horizonte, representado em vermelho, o limite do IFES – Campus de Alegre, em amarelo, e os pontos selecionados para a obtenção dos índices de vegetação na plataforma SatVeg.

Esse procedimento foi realizado por meio do software QGIS, versão 3.32.3 (QGIS Development Team, 2023), considerando-se a representatividade das classes de uso e cobertura da terra, bem como a resolução espacial dos dados fornecidos pelo SATVeg, que é de 250 m.

Figura 1- Localização dos pontos amostrados da área de estudo.



Fonte: o Autor.

Em seguida, foi realizado o cadastro na plataforma SATVeg, o que possibilitou o acesso aos dados de vegetação e à análise temporal da cobertura do solo (SATVeg), foram selecionados seis pontos amostrais, sendo 3 de fragmento florestal e 3 de área de pastagem dentro da bacia hidrográfica do córrego horizonte. Foram então coletados os índices de vegetação NDVI e EVI, obtidos a partir de imagens do satélite Terra, para as classes selecionadas. Os dados fornecidos pela plataforma SatVeg foram baixados em formato XLS, e os gráficos, em formato PNG.

Os dados do satélite Terra utilizados na análise correspondem ao período de janeiro de 2001 a dezembro de 2024. Para o satélite Aqua, os dados foram elaborados considerando o intervalo de janeiro de 2003 a dezembro de 2024.

Dessa forma, os dados foram tabulados e submetidos a análises estatísticas e descritivas das variáveis NDVI e EVI, obtidas a partir dos satélites Terra e Aqua. Todas as análises foram realizadas utilizando a versão gratuita do software InfoStat (DIRIENZO, 2022).

Resultados

Os dados descritivos dos índices de vegetação dos fragmentos florestais monitorados indicam valores médios elevados de NDVI, sendo 0,83 para o satélite Terra e 0,82 para o Aqua. Ambos os satélites apresentaram baixa variabilidade nos dados, com coeficientes de variação de 12,30% e 14,30%, respectivamente, o que indica a presença de uma cobertura vegetal densa e estável ao longo do tempo (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da estatística descritiva das variáveis de estudo referente ao fragmento florestal.

Variáveis	n	Média	D.E.	C.V	Mín	Máx	Mediana	Normalidade
-----------	---	-------	------	-----	-----	-----	---------	-------------

A Ciência do **NANO** e seu impacto transformador no **MACRO**

NDVI - Terra	1544	0,83	0,10	12,30	-0,30	0,99	0,85	P< 0,0001
NDVI - Aqua	1544	0,82	0,12	14,30	-0,30	0,99	0,85	P< 0,0001
EVI - Terra	1544	0,52	0,11	21,75	-0,30	0,86	0,52	P< 0,0001
EVI -Aqua	1544	0,46	0,12	25,80	-0,30	0,85	0,46	P< 0,0001

Nota: n = Número de dados; D.E = Desvio padrão; CV = Coeficiente de Variação; Mín = Mínimo; Máx= Máximo.

** Distribuição normal pelo teste de Shapiro- Wilks, a nível de 1% de probabilidade.

Fonte: o Autor.

A Tabela 2 apresenta a estatística descritiva dos índices de vegetação NDVI e EVI, derivados dos sensores dos satélites Terra e Aqua, focando na categoria de uso e cobertura do solo designada como "Pastagem".

Tabela 2. Resumo da estatística descritiva das variáveis de estudo referente a pastagem.

Variáveis	n	Média	D.E.	C.V	Mín	Máx	Mediana	Normali- dade
NDVI – Terra	1548	0,58	0,14	24,25	-0,30	0,85	0,59	P< 0,0001
NDVI - Aqua	1548	0,57	0,14	23,99	-0,30	0,87	0,59	P< 0,0001
EVI - Terra	1548	0,37	0,12	31,59	-0,30	0,68	0,38	P< 0,0001
EVI -Aqua	1548	0,44	0,14	32,40	-0,30	0,80	0,44	P< 0,0001

Nota: n = Número de dados; D.E = Desvio padrão; CV = Coeficiente de Variação; Mín = Mínimo; Máx Máximo.

** Distribuição normal pelo teste de Shapiro- Wilks, a nível de 1% de probabilidade.

Fonte: o Autor.

Discussão

De acordo com os resultados mostrados na Tabela 1, os valores de NDVI superiores a 0,7 indicam vegetação saudável em pleno crescimento ativo, característica de vegetação densa ou florestal (Santos, 2020). Esse padrão é reforçado pelos dados de EVI, que também apresentaram médias relativamente altas (0,52 para o satélite Terra e 0,46 para o Aqua) e coeficientes de variação moderados (21,75% e 25,80%). Segundo Oliveira et al. (2020), o EVI é mais sensível às variações estruturais do dossel e ao conteúdo de clorofila, mostrando-se eficaz na discriminação da vegetação natural em regiões tropicais.

Os valores mínimos negativos (-0,30) em todas as variáveis indicam possíveis interferências por nuvens ou erros de leitura dos sensores, como já relatado por Didan, Munoz e Barreto (2015), que destacam que dados MODIS podem apresentar anomalias em função de fatores atmosféricos e da geometria de visualização. Já para os valores máximos de NDVI, atingiram 0,99 mostrando assim uma vegetação muito densa, e para os valores máximos de EVI que foram de 0,85 e 0,86, mostraram também uma vegetação muito densa.

Por fim, os testes de normalidade revelaram que nenhuma das variáveis segue distribuição normal, com valores de p inferiores a 0,0001. Essa não normalidade justifica a adoção de métodos estatísticos não paramétricos nas análises subsequentes do estudo.

Em relação às pastagens dispostos na Tabela 2, os valores médios de NDVI obtidos foram de 0,58 para o satélite Terra e 0,57 para o Aqua, enquanto os valores de EVI ficaram em 0,37 (Terra) e 0,44 (Aqua). Esses resultados indicam uma vegetação menos densa quando comparada aos fragmentos florestais analisados. A variabilidade dos índices, representada pelo coeficiente de variação, mostrou-se mais acentuada no EVI (31,59% a 32,40%) do que no NDVI (23,99% a 24,25%). Essa diferença mostra a maior sensibilidade do EVI a variações na estrutura da vegetação, como já observado por

Becerra et al. (2021), ao analisarem séries temporais desses índices no bioma Cerrado, destacando a eficácia do EVI na detecção de alterações sutis na cobertura vegetal. Para valores de mínimo -0,30 mostram algum tipo de interferência dos sensores tanto para NDVI e EVI porém os valores máximos para NDVI foram maiores quando comparados ao EVI mostrando a maior sensibilidade e a variabilidade pois quando a pastagem está mais vigorosa tende aos índices vegetativos estarem mais altos. Os autores Defeo et al., (2016), encontraram valores aproximados das médias de fragmento florestal e pastagem, tanto para os índices de EVI e NDVI, nos valores mostrados tanto na Tabela 1 quanto na Tabela 2.

Já para o teste de normalidade apresentou distribuição não normal dos dados ($p < 0,0001$) conforme indicado pelo teste de Shapiro-Wilks ao nível de 1% de probabilidade. Isso mostra a necessidade de se utilizar métodos estatísticos não paramétricos.

Conclusão

Em conclusão, a análise dos índices de vegetação NDVI e EVI, feita com dados dos satélites Terra e Aqua entre 2001 e 2024 pela plataforma SATVeg, permitiu a entender como a cobertura vegetal mudou ao longo do tempo na bacia hidrográfica do córrego Horizonte, especialmente na área do IFES – Campus Alegre.

Os fragmentos de floresta mostraram valores altos e estáveis desses índices, indicando que a vegetação ali é densa e se mantém saudável ao longo dos anos, uma característica típica das áreas preservadas da Mata Atlântica. Já as áreas usadas para pastagem apresentaram valores mais baixos e bastante variação, refletindo as mudanças sazonais e as práticas de manejo que impactam a vegetação.

Referências

ABADE, N. A. **Uso de séries temporais NDVI do MODIS para mapeamento da cobertura vegetal natural e exótica em uma região de transição cerrado-caatinga**. 2015. 71 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

BECERRA, J. A. B.; SHIMABUKURO, Y. E.; ALVALÁ, R. C. S. Séries temporais de índices de vegetação (NDVI e EVI) do sensor MODIS para detecção de desmatamentos no bioma Cerrado. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 27, n. 1, p. e2021013, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bcg/a/Dpb3F7SjVH9THmZTYjYjzQm/>. Acesso em: 23 maio 2025.

DEFEO, L. F. et al. **Utilização de índices de vegetação NDVI e EVI do sensor MODIS para caracterização espectro-temporal de coberturas vegetais do Pantanal**. 2016. Disponível em: <https://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/2016/cd/pdf/p12.pdf>. Acesso em: 20 maio 2025.

DI RIENZO, J. A. et al. **InfoStat: versión 2020**. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2020. Disponível em: <http://www.infostat.com.ar>. Acesso em: 04 mar. 2025.

DIDAN, K.; MUNOZ, A.; BARRETO. **MODIS Vegetation Index User's Guide (MOD13 Series)**. Tucson: The University of Arizona, Vegetation Index and Phenology Lab, 2015. Disponível em: https://lpdaac.usgs.gov/documents/621/MOD13_User_Guide_V61.pdf. Acesso em: 17 maio 2025.

EMBRAPA INFORMÁTICA AGROPECUÁRIA. **Sistema de Análise Temporal da Vegetação - SATVeg**. [S. l.]: Embrapa, 2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/2408/sistema-de-analise-temporal-da-vegetacao---satveg>. Acesso em: 10 mar. 2025.

FERRARI, J. L. et al. Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 181-188, 2013. DOI:10.5039/agraria.v8i2a1575

A Ciência do **NANO** e seu impacto transformador no **MACRO**

FERRARI, J. L. et al. Análise de conflito de uso e cobertura da terra em áreas de preservação permanente do Ifes – Campus de Alegre, município de Alegre, Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 3, p. 307–321, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.042113>. Acesso em: 21 abr. 2025.

HUETE, A. et al. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 83, n. 1–2, p. 195–213, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2). Acesso em: 21 abr. 2025.

HUETE, A. R.; JUSTICE, C.; LIU, H. Development of vegetation and soil indices for MODIS-EOS. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 49, n. 3, p. 224-234, 1994.

JACKSON, R. D.; HUETE, A. R. Interpreting vegetation indices. **Preventive Veterinary Medicine**, Amsterdam, v. 11, p. 185-200, 1991.

JUSTICE, C. O. et al. **O espectrorradiômetro de imagem de resolução moderada (MODIS): sensoriamento remoto terrestre para pesquisa de mudanças globais**. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Piscataway, v. 36, n. 4, p. 1228-1249, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/36.701075>. Acesso em: 22 abr. 2025.

MODIS - Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer. **Specifications**. Disponível em: <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php>. Acesso em: 21 abr. 2025.

OLIVEIRA, L. F.; MORAES, A. P. M.; TEODORO, P. E. **Análise da dinâmica temporal de índices de vegetação NDVI, EVI e IRECI obtidos por imagens Sentinel-2A e MODIS**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2020. 33 p. (Documentos, 308). Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1150836/1/6085.pdf>. Acesso em: 17 maio 2025.

PAVÃO, V. M. et al. **Impacto da conversão da cobertura natural em pastagem e área urbana sobre variáveis biofísicas no Sul do Amazonas**. Revista Brasileira de Meteorologia, São José dos Campos, v. 32, n. 3, p. 343–351, jul. 2017. Disponível em: <https://www.scelo.br/j/rbmet/a/K386zvC79vGrcLggqBvGqPf/?lang=pt>. Acesso em: 17 maio 2025.

SANTOS, H. A. Análise espaço-temporal (2000–2014) da vegetação na microrregião Baixada Maranhense (Maranhão). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/70ab6dbb-2762-4ce6-a650-27f2f7361cfb/content>. Acesso em: 01 jul. 2025.

SATVEG - Sistema de Análise Temporal da Vegetação. **SATVeg**. [S. l.]: Embrapa, 2025. Disponível em: <https://www.satveg.cnptia.embrapa.br/satveg/pages/tutoriais.html>. Acesso em: 21 abr. 2025.

VAN LEEUWEN, W. J. D.; HUETE, A. R.; LAING, T. W. **MODIS vegetation index compositing approach: a prototype with AVHRR data**. Remote Sensing of Environment, New York, v. 69, n. 3, p. 264-280, 1999.

Agradecimentos

Agradecimentos ao CNPq pelo financiamento do projeto através do PIBIC e ao IFES - Campus Alegre pelo suporte institucional.