

Análise da fragmentação florestal em bacia hidrográfica no sul do Espírito Santo: um estudo com o Amazonia-1

 <https://doi.org/10.47236/2594-7036.2026.v10.1904>

Vinício Crissafe dos Santos Lemos¹

Jeferson Luiz Ferrari²

Letícia Chierici Almeida³

Data de submissão concluída: 9/11/2025. Data de aprovação: 12/2/2026. Data de publicação: 20/2/2026.

Resumo – A expansão agropecuária, a urbanização e outras atividades antrópicas têm intensificado a fragmentação das paisagens naturais nos biomas do Brasil. No Estado do Espírito Santo, a Mata Atlântica remanescente encontra-se sob forte pressão. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o grau de fragmentação florestal em uma bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Espírito Santo, utilizando imagens do satélite Amazonia-1. A região de estudo está presente no município de Alegre, conta com 13,17 km² de área e apresenta altitudes variando entre 120 e 680 m, com clima representado “Cfa”. Para o estudo, foram utilizadas duas imagens em nível de processamento L4, correspondendo ao período seco e outra do período chuvoso. Para realizar a classificação supervisionada das imagens, foram feitas amostragens utilizando imagens do Google Satélite como suporte, identificando classes de Fragmentos Florestais e Outras classes. Para o procedimento, foi utilizado o classificador de imagens do plugin Dzetsaka. Os resultados de área média de Fragmentos Florestais foram de 4,89 km², correspondendo a 37% da bacia, enquanto para outras classes encontrou-se 8,20 km² de área. Para identificar a qualidade da classificação, calculou-se o índice Kappa, obtendo resultados de 0,73 e 0,68 para imagens do período de estiagem e período chuvoso, respectivamente. Desta forma, é possível concluir que a aplicação do sensoriamento remoto, juntamente com imagens WFI do satélite Amazonia-1 e classificação supervisionada de imagens, foi caracterizada como “muito boa”.

Palavras-chave: Classificação supervisionada. Monitoramento ambiental. Sensoriamento remoto. Satélite. Uso e cobertura da terra.

Analysis of forest fragmentation in a watershed in southern Espírito Santo: a study using Amazonia-1

Abstract – The expansion of agriculture, urbanization, and other anthropogenic activities has intensified the fragmentation of natural landscapes across Brazil's biomes. In the state of Espírito Santo, the remaining Atlantic Forest is under strong pressure. The objective of this study is to assess the degree of forest fragmentation in the Horizonte stream watershed, Espírito Santo, using images from the Amazonia-1

¹ Graduando em Agronomia pelo *Campus* de Alegre, do Instituto Federal do Espírito Santo. Alegre, Espírito Santo, Brasil.  crissafevinicio123@gmail.com  <https://orcid.org/0009-0007-1606-8017>  <http://lattes.cnpq.br/3135186041770938>.

² Doutor em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Professor das áreas de Agronomia e Engenharia Agrícola do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do *Campus* de Alegre, do Instituto Federal do Espírito Santo. Alegre, Espírito Santo, Brasil.  ferrarijuliz@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0001-5663-6428>  <http://lattes.cnpq.br/5213847780149836>.

³ Graduanda em Agronomia pelo *Campus* de Alegre, do Instituto Federal do Espírito Santo. Alegre, Espírito Santo, Brasil.  chiericileiticia@gmail.com  <https://orcid.org/0009-0009-2824-764X>  <http://lattes.cnpq.br/3193760285855718>.

satellite. The study area is located in the municipality of Alegre and covers 13.17 km². Altitudes range from 120 to 680 m, and the regional climate is classified as "Cfa." Two Level L4 processed images were used in the study, one representing the dry season and the other the rainy season. For the supervised classification of the images, samples were collected using Google Satellite imagery as support, identifying Forest Fragment and Other Land Cover classes. The Dzetsaka image classification plugin was used for this process. The average forest fragment area was 4.89 km², corresponding to 37% of the watershed, while other classes accounted for 8.20 km². To assess classification accuracy, the Kappa index was calculated, resulting in 0.73 and 0.68 for the dry and rainy season images, respectively. Therefore, it can be concluded that the application of remote sensing, combined with Amazonia-1 WFI images and supervised classification, proved to be a classification that was characterized as "very good".

Keywords: Environmental monitoring. Land use and land cover. Satellite. Supervised classification. Remote sensing.

Análisis de la fragmentación forestal en una cuenca hidrográfica del sur de Espírito Santo: un estudio con el Amazonia-1

Resumen – La expansión agropecuaria, la urbanización y otras actividades antrópicas han intensificado la fragmentación de los paisajes naturales en los biomas de Brasil. En el estado de Espírito Santo, la Mata Atlántica remanente se encuentra bajo fuerte presión. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el grado de fragmentación forestal en la cuenca hidrográfica del arroyo Horizonte, en Espírito Santo, utilizando imágenes del satélite Amazonia-1. El área de estudio se ubica en el municipio de Alegre y abarca 13,17 km², con altitudes que varían entre 120 y 680 m y un clima clasificado como "Cfa". Se utilizaron dos imágenes con nivel de procesamiento L4, correspondientes al período seco y al período lluvioso. Para la clasificación supervisada de las imágenes se efectuaron muestreos utilizando imágenes de Google Satélite como apoyo, identificando las clases de Fragmentos Forestales y Otras clases, mediante el clasificador del complemento Dzetsaka. Los resultados mostraron un área promedio de Fragmentos Forestales de 4,89 km² (37% de la cuenca), mientras que las otras clases representaron 8,20 km². El índice Kappa, calculado para evaluar la precisión, obteniéndose valores de 0,73 y 0,68 para las imágenes de los períodos seco y lluvioso, respectivamente. En conclusión, la aplicación de la teledetección junto con las imágenes WFI del satélite Amazonia-1 y la clasificación supervisada, fue caracterizada como "muy buena".

Palabras clave: Clasificación supervisada. Monitoreo ambiental. Teledetección. Satélite. Uso y cobertura del suelo.

Introdução

A crescente modificação das paisagens naturais em decorrência da expansão agropecuária, da urbanização e de outras atividades antrópicas tem provocado intensos processos de fragmentação florestal em diversas regiões do Brasil. Esse fenômeno, caracterizado pela quebra de contínuos florestais em fragmentos menores e isolados, é compreendido, no âmbito da Ecologia da Paisagem, como o processo pelo qual áreas contínuas de habitat são subdivididas em manchas menores, mais isoladas e com maior proporção de borda, inseridas em matriz antrópica (Forman,

1995; Fahrig, 2003), influenciando conectividade, biodiversidade e funcionamento ecossistêmico (Longo *et al.*, 2024).

No Estado do Espírito Santo, especialmente na porção sul, a Mata Atlântica remanescente encontra-se sob forte pressão, com os remanescentes florestais restritos a áreas íngremes, margens de rios ou unidades de conservação. A perda de florestas em escala global está associada com o aumento das produções de commodities, pecuária, incêndios florestais e aumento da civilização. Nos últimos anos, esses fatores vêm crescendo devido ao aumento da população, do consumo de alimentos e das práticas comerciais (Slattery e Fenner, 2021).

Nesse contexto, torna-se fundamental adotar recortes espaciais que permitam compreender, de forma integrada, os efeitos dessas pressões sobre a paisagem. Como unidade funcional da paisagem, a bacia hidrográfica, dentro de um meio geográfico, configura-se como uma unidade de planejamento ambiental, pois oferece uma abordagem sistêmica para a análise dos efeitos da fragmentação, ao concentrar as interações entre uso e cobertura do solo e a conservação do ecossistema (Tucci, 2007). A compreensão da configuração espacial dos fragmentos florestais no interior de uma bacia é, portanto, essencial para subsidiar estratégias de manejo e restauração ambiental.

Para viabilizar essa análise em escala espacial e temporal adequada, os avanços nas geotecnologias, sobretudo o uso de imagens orbitais e sistemas de sensoriamento remoto, mostram-se como ferramentas eficazes para a detecção, mapeamento e monitoramento da fragmentação florestal (Coleman; Kuenzer, 2025). Segundo Haneda *et al.* (2023), sensores orbitais multiespectrais de alta resolução espacial e espectral permitem acessar informações mais detalhadas sobre a cobertura do solo, indicando como cada alvo se comporta em relação à refletância da radiação eletromagnética. Conforme o mesmo autor, o avanço tecnológico no processamento de dados possibilita a manipulação de grandes volumes de informações, viabilizando análises mais robustas e complexas.

Entretanto, imagens provenientes de sensores com tais níveis de detalhamento, em especial aquelas com resolução espacial submétrica ou métrica, são frequentemente disponibilizadas por plataformas comerciais, o que implica custos elevados de aquisição (Perez *et al.*, 2017), o que pode limitar sua utilização em pesquisas acadêmicas, projetos institucionais e ações de monitoramento ambiental contínuo, sobretudo em estudos que demandam séries temporais extensas ou grandes áreas de análise.

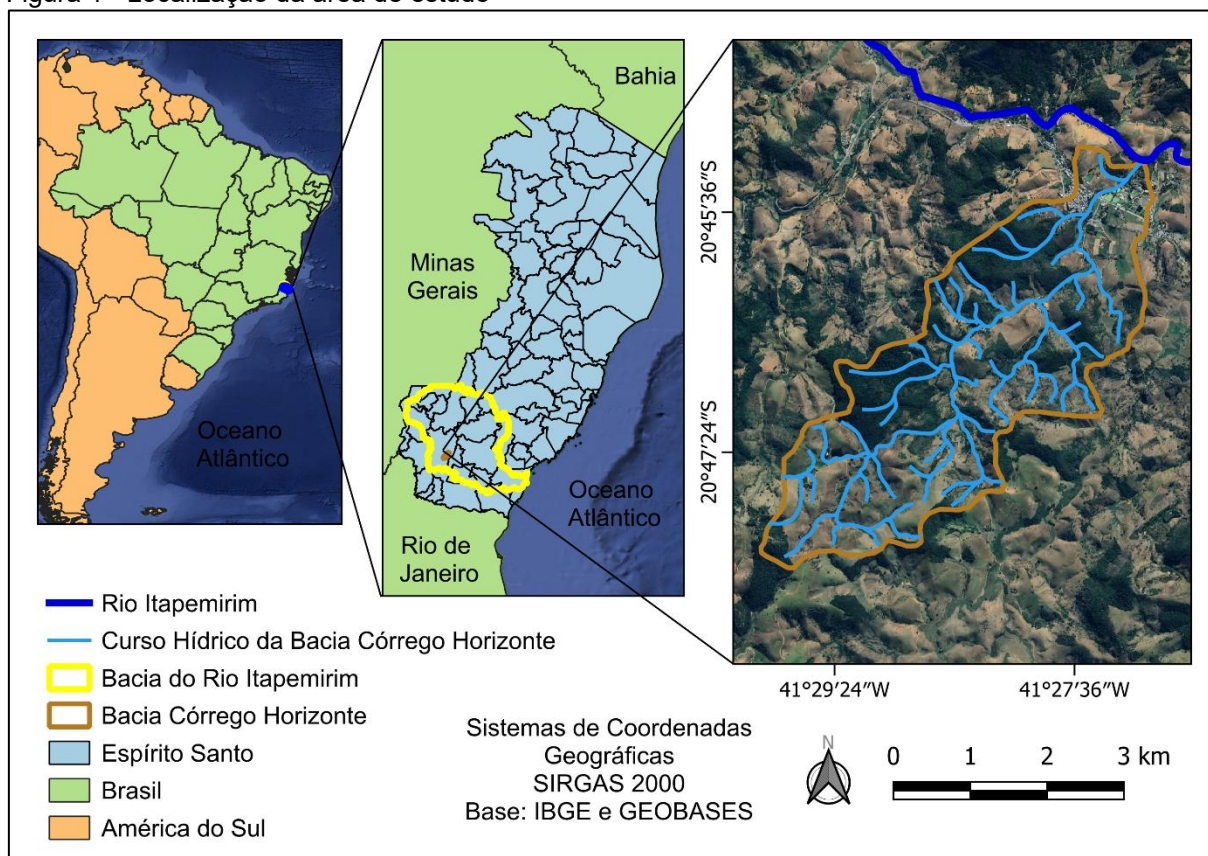
O satélite Amazonia-1, surge como uma alternativa promissora por fornecer imagens com resolução adequada e frequência de revisita compatível com estudos ambientais em escala regional. O Amazonia-1 foi o primeiro satélite de observação da Terra do Brasil, projetado e desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) com o apoio da Agência Espacial Brasileira (AEB). Seu lançamento foi em 28 de fevereiro de 2021 e sua principal missão é monitorar o desmatamento e as atividades agrícolas na floresta amazônica, além de fornecer informações em tempo real sobre desastres naturais e ambientais (Méndez Cubillos, 2024).

O presente trabalho tem como objetivo analisar o grau de fragmentação florestal em uma bacia hidrográfica localizada no sul do Espírito Santo, por meio de imagens obtidas pelo satélite Amazonia 1. Busca-se, com isso, contribuir para o diagnóstico ambiental da área e fornecer subsídios técnicos que auxiliem em ações de planejamento territorial e conservação da vegetação nativa.

Materiais e métodos

A área de estudo corresponde à bacia hidrográfica do Córrego Horizonte, localizada no município de Alegre, Espírito Santo, Brasil (Figura 1). De acordo com Ferrari et al. (2012), a bacia possui 13,17 km², apresenta formato alongado e relevo acentuado, com declividade média de 24,58% e altitudes variando entre 120 e 680 m. A rede de drenagem é do tipo dendrítico, com hierarquia fluvial de 3ª ordem e curso principal com 9,93 km de extensão, desaguando no rio Itapemirim. Tais características morfométricas permitem inferir tendência a escoamento superficial relativamente elevado e a respostas hidrológicas mais rápidas, especialmente em função da declividade média acentuada e da reduzida área de drenagem (Rizo et al., 2022).

Figura 1 - Localização da área de estudo



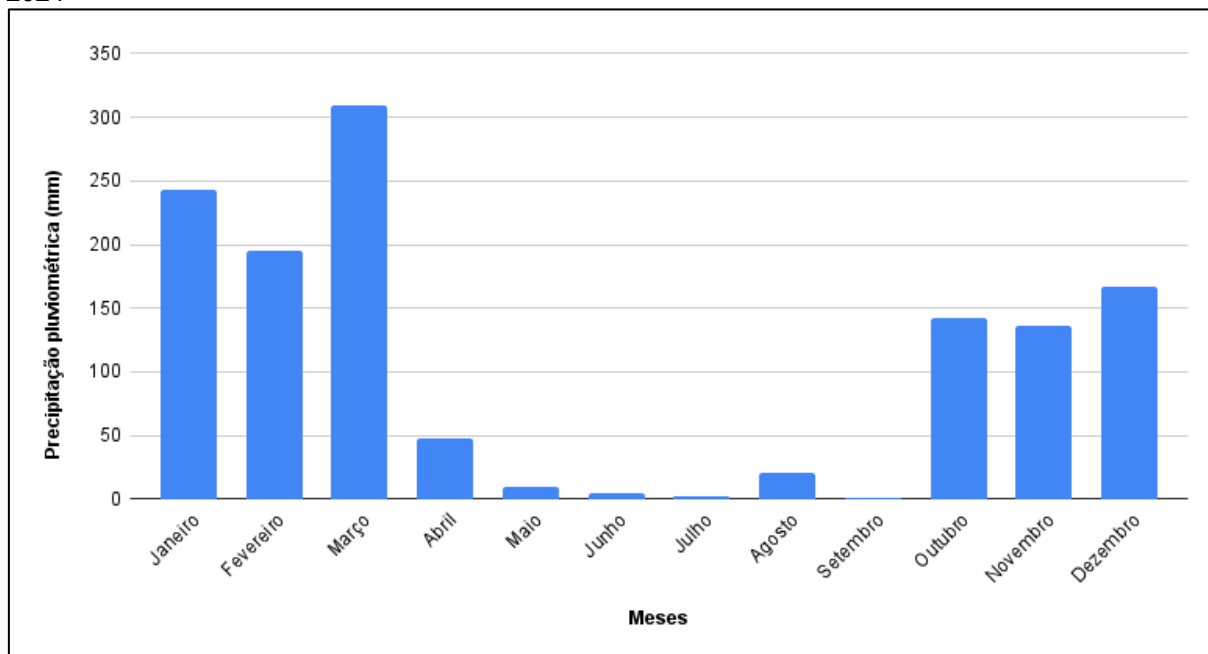
Fonte: Os autores (2025).

Conforme a classificação climática proposta por Köppen e Geiger (1928), a região enquadra-se no tipo “Cfa”, que corresponde a um clima temperado quente, caracterizado por temperaturas elevadas e ausência de uma estação seca bem definida durante o inverno. A média térmica do mês mais quente ultrapassa 22 °C, enquanto a do mês mais frio permanece abaixo de 18 °C. A precipitação média anual atinge 1.318,1 mm, distribuída em dois períodos distintos: o mais chuvoso, de outubro a abril, responsável por aproximadamente 1.144 mm (86,8% do total anual), e o menos chuvoso, entre maio e setembro, com cerca de 174,2 mm (13,2% do total).

Na área em questão, predomina a Floresta Estacional Semidecidual, também conhecida como Floresta Tropical Subcaducifólia, cuja composição vegetal é influenciada por duas fases sazonais distintas. A primeira, de caráter tropical, apresenta elevada pluviosidade durante o verão, seguida por um período de estiagem marcante. A segunda, de natureza subtropical, não possui uma estação seca bem definida, porém ocorre uma seca fisiológica decorrente das baixas temperaturas do

inverno, quando parte das espécies vegetais perde suas folhas, conforme descrito na classificação fitogeográfica proposta por Veloso, Rangel-Filho e Lima (1991) e pelo IBGE (2012).

Figura 2 – Gráfico da precipitação anual no município de Alegre, Espírito Santo, referente ao ano de 2024



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados do INMET (2025).

Posteriormente, após a definição das épocas a serem estudadas, foram adquiridos a base de dados geográficos, que constam os limites regionais e da área de estudo pelo Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES). Em seguida, foram adquiridas as imagens levando em consideração as estações predominantes na região, conferindo a época de estiagem e outra chuvosa. Conforme este fato, as datas das imagens adquiridas foram de 17 de julho e 19 de novembro, respectivamente. Elas foram adquiridas no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), correspondendo a um nível de processamento L4 (imagens ortorretificadas) e uma cobertura de nuvens inferior a 10% sobre a região em estudo.

Em um ambiente computacional, utilizando o software QGIS, foi realizado o tratamento das imagens adquiridas, Banda 1 (Blue), Banda 2 (Green) e Banda 3 (Red), reprojetoando-as para o sistema de coordenadas projetadas SIRGAS 2000 – UTM zona 24S. Em seguida, efetuou a mosaicagem das bandas reprojetoadas, formando uma composição colorida (RGB), onde posteriormente, foram recortadas utilizando a camada limítrofe bacia hidrográfica Córrego Horizonte.

Com a composição colorida da bacia hidrográfica formada, o próximo passo foi realizar a identificação das classes de uso e cobertura da terra em estudo. Para realizar este procedimento, criou-se uma camada shapefile do tipo polígono, no qual foi nomeado como treinamento, onde abrangia duas identificações, sendo 1 para Fragmento Florestal e 2 para outras classes. Com isso, para realizar a identificação das classes dentro da bacia hidrográfica, utilizou-se como apoio na fotointerpretação, imagens do Google Satélite. Amostras deste procedimento estão apresentados no quadro 1.

Quadro 1 – Amostras das classes de uso e cobertura da terra utilizadas no treinamento da classificação supervisionada

Classes	Imagens		
	17 de julho*	19 de novembro*	Google Satélite
Fragmento Florestal			
Outros			

* Imagens provenientes do satélite Amazonia-1.

Fonte: Os autores (2025)

Para a identificação das amostras, foi considerado fragmento florestal o conjunto de árvores que ultrapassassem uma área de 60 m x 60 m, pois confere ao tamanho do pixel da imagem do satélite, enquanto para as classes de não fragmento florestal (outros), foi identificado as classes de pastagem, agricultura, construções, estradas e todas as outras identificações que não conferiam ao oposto, levando em consideração a mesma área do pixel.

Em um posterior momento, foi realizada a devida classificação supervisionada das imagens, utilizando a ferramenta de classificação do plugin Dzetsaka Classification tool (Karasiak, 2025) no QGIS, onde as imagens a serem classificadas foram as composições coloridas e a área de interesse foi o shapefile de treinamento, utilizando o algoritmo gaussian para realizar o processo.

Com isso, foi gerado duas camadas rasters, conferindo as duas datas em estudo, em seguida, foi quantificado a validação desse modelo. Para isso, foi amostrado dentro dos rasters, cinquenta pontos de validação, onde foi comparado o resultado obtido da classificação com o real, onde novamente, foi utilizado imagens do Google Satélite para comparar a veracidade.

Para avaliar uma classificação de imagens, apenas a comparação do real com o resultado obtido, não julga esse procedimento. Portanto, segundo a metodologia proposta por Cohen (1960), existem alguns índices estatísticos no qual julga a acurácia de uma classificação, um deles é o índice Kappa, Responsável por avaliar o nível de concordância entre a classe prevista e a classe real, esse indicador compara a acurácia obtida com a acurácia esperada, levando em consideração a possibilidade de acertos decorrentes do acaso no processo de classificação. Portanto, foi realizado os cálculos do índice Kappa conforme propõe a metodologia de Choen (1960).

Para a etapa final do processo de classificação, procedeu-se à quantificação das áreas das classes mapeadas por meio do comando r.report, disponível no módulo GRASS integrado ao software QGIS. Essa ferramenta permitiu calcular a extensão espacial dos fragmentos florestais identificados em cada imagem classificada, possibilitando a mensuração da distribuição e da proporção da cobertura florestal na bacia hidrográfica ao longo do período analisado.

Considerando que a área total da bacia apresentou pequenas variações entre os resultados obtidos, decorrentes de diferenças de recorte, resolução espacial e processamento das imagens, adotou-se o cálculo da média das áreas quantificadas,

gerando um valor representativo para cada ano em estudo. Esse procedimento permitiu padronizar a base de comparação e conferir maior consistência à avaliação do grau de fragmentação florestal.

Por fim, como etapa de síntese e representação espacial dos resultados, foram elaboradas modelagens cartográficas no compositor de layout do software QGIS, possibilitando a organização visual dos mapas temáticos, a espacialização dos fragmentos identificados e a apresentação integrada dos produtos finais da análise.

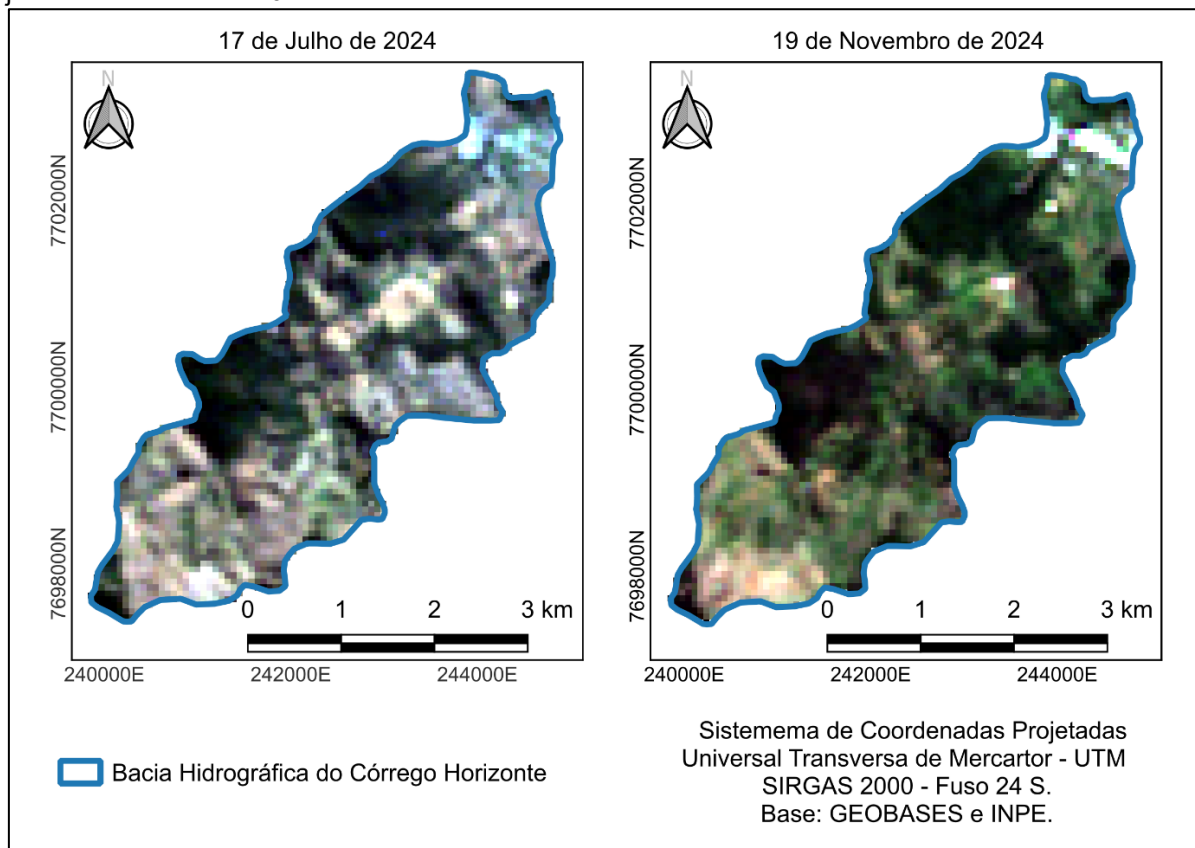
Resultados e discussões

A partir da composição colorida das imagens, é possível observar que a escassez de chuva ocasionou na imagem do dia 17 de julho aspecto de vegetação seca, que corresponde a transição das estações de outono para inverno, enquanto na imagem do dia 19 de novembro, corresponde a estações de primavera se aproximando para o verão, apresentando aspecto vigoroso na vegetação, na qual é possível observar na figura 3.

Desta forma, considerando as características climáticas da região, a utilização de imagens adquiridas em períodos distintos do ano mostra-se fundamental, uma vez que contempla as principais estacionalidades e resulta em respostas visuais contrastantes na composição colorida. Essa variação sazonal reflete diretamente as condições fenológicas da vegetação, permitindo diferenciar áreas com distintos níveis de vigor vegetativo, conforme discutido por Reed *et al.* (1994) e Zhang *et al.* (2003), que evidenciam a relação entre a variabilidade sazonal e a resposta espectral da cobertura vegetal em dados orbitais.

Associado a esse aspecto, o resultado da composição colorida está diretamente relacionado aos valores espectrais dos pixels, uma vez que essa técnica considera a intensidade e a combinação das bandas espectrais registradas pelo sensor. Assim, variações na coloração da vegetação correspondem a diferentes valores digitais dos pixels, os quais expressam distintas respostas espectrais da cobertura vegetal e subsidiam a interpretação e a classificação das imagens.

Figura 3 – Composição colorida das imagens da bacia hidrográfica do córrego Horizonte, referentes a julho e dezembro de 2024



Fonte: Os autores (2025)

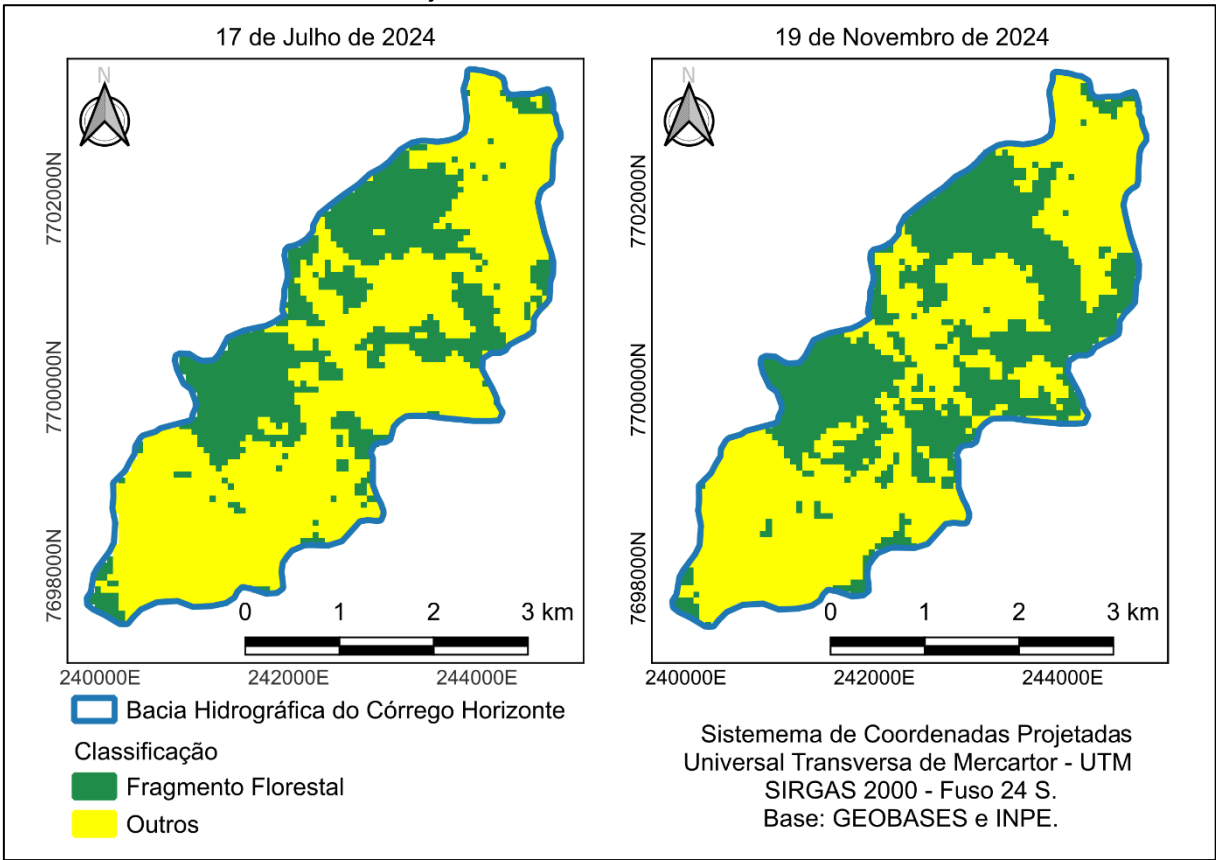
O processo de classificação supervisionada de imagens de satélite constitui uma técnica amplamente empregada em pesquisas voltadas ao mapeamento e à análise das transformações no uso e na cobertura do solo (Jensen, 2015). Considerando que as imagens utilizadas apresentam resolução espacial moderada, o resultado da composição RGB expressa um retrato com menor nível de detalhamento espacial, como ocorre com o satélite em estudo, cujos pixels possuem dimensões de 60 m × 60 m.

Para realizar de fato a classificação supervisionada, o treinamento do algoritmo necessita ser realizado utilizando imagens que possuam boa resolução espectral e com data próxima as estudadas. Este procedimento é de fundamental importância, pois mostra para o algoritmo em formas de amostras, quais valores de matrizes correspondem a fragmento florestal e quais não correspondem.

Em um estudo sobre assuntos correlatos, encontrou-se procedimentos metodológicos semelhantes ao presente estudo, como apresentado no trabalho de Santo (2017), que estudou fragmentos florestais na Mata Atlântica utilizando o algoritmo Máxima Verossimilhança (MaxVer). Para realizar o treinamento do mesmo, o autor utilizou o Global Position System (GPS) para georreferenciar as áreas de interesse e posteriormente, utilizando SIG, criou amostras a partir de fotointerpretação em tela utilizando as respectivas localizações.

Em um momento posterior a classificação, foi gerado uma modelagem que representa o resultado da classificação supervisionada, expressa na figura 4. O resultado da mesma apresentou visualmente um padrão entre as datas em estudo, destacando com intensidade nas áreas de maior densidade de vegetação.

Figura 4 – Resultado da classificação supervisionada das imagens da bacia hidrográfica do córrego Horizonte, referentes aos meses de julho e dezembro de 2024



Fonte: Os autores (2025)

É possível observar que há semelhança entre as duas imagens classificadas, o que reforça a consistência do procedimento de classificação supervisionada empregado. Destaca-se, contudo, que na imagem de 17 de julho há maior representatividade visual da classe “Outros”, quando comparada à classificação de 19 de novembro. Tal diferença pode ser verificada na Tabela 1, que apresenta a quantificação das áreas obtidas para ambas as datas.

Tabela 1 – Área ocupada por fragmentos florestais e demais classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do córrego Horizonte, referente aos meses de julho e novembro de 2024

Classes	17 de julho de 2024	19 de novembro de 2024	Média
	----- Km² -----		
Fragmento Florestal	4,23	5,55	4,89
Outros	8,80	7,59	8,20
Total	13,03	13,14	13,09

Fonte: Os autores (2025)

Considerando a média entre as duas datas analisadas, a cobertura por fragmentos florestais corresponde a aproximadamente 37% da área total da bacia hidrográfica, valor que caracteriza a paisagem como submetida a um grau moderado de fragmentação florestal. Esses resultados são superiores aos encontrados por Ferrari *et al.* (2012), que utilizaram o ortofotomosaico de 2007/2008, com resolução

espacial de 1 m. O mapeamento temático de uso e cobertura da terra realizado por esses autores indicou que os fragmentos florestais totalizam 2,27 km², correspondendo a cerca de 17,23% da área da bacia hidrográfica do córrego Horizonte.

Respeitando as diferenças de resolução espacial entre os produtos cartográficos analisados, observa-se que os fragmentos florestais da bacia apresentaram aumento em área ao longo do período avaliado, o que pode estar associado a processos de regeneração natural da vegetação, à recomposição de áreas de preservação permanente ou, ainda, a diferenças metodológicas relacionadas à escala de mapeamento e aos critérios de classificação adotados.

De acordo com a literatura clássica, efeitos de fragmentação — como aumento do isolamento, redução da conectividade e intensificação dos efeitos de borda — tornam-se mais pronunciados quando a cobertura de habitat remanescente cai abaixo de aproximadamente 30% da paisagem (Andrén, 1994; Fahrig, 2003). Acima desse limiar, a perda de biodiversidade tende a ser explicada predominantemente pela redução da área de habitat, embora respostas variem entre espécies e contextos.

No contexto da Mata Atlântica, estudos indicam que paisagens com cobertura florestal inferior a cerca de 50% — intensificando-se abaixo de 30% — já apresentam limitações relevantes para a manutenção da biodiversidade, com perda progressiva de espécies especialistas e maior dominância de generalistas (Pardini *et al.*, 2010). Nesse sentido, valores em torno ou abaixo de 40% caracterizam um estado intermediário de degradação, no qual, embora persistam remanescentes florestais, a paisagem encontra-se fortemente condicionada por usos antrópicos, com potenciais implicações para a conectividade funcional e para a estabilidade ecológica.

Além dos impactos sobre a biodiversidade, esse grau de fragmentação pode comprometer serviços ecossistêmicos associados à bacia hidrográfica, como a regulação do regime hidrológico, o controle da erosão e a proteção de áreas ripárias. Dessa forma, os resultados reforçam a necessidade de estratégias de manejo que priorizem a restauração florestal em áreas estratégicas — especialmente em zonas ripárias e de recarga hídrica —, a ampliação da conectividade entre fragmentos e a proteção dos remanescentes existentes, visando mitigar, na escala da paisagem, os efeitos ecológicos e hidrológicos da fragmentação.

Os resultados indicam que a classe Fragmento Florestal apresentou maior área na imagem de 19 de novembro em relação à de 17 de julho, com diferença de 1,32 km², com comportamento inversamente proporcional ao observado para a classe “Outros”.

Parte dessa variação pode ser explicada pelas próprias limitações e características dos dados orbitais utilizados. As imagens do satélite em estudo possuem resolução espacial de 60 m, o que significa que cada pixel representa uma área de 60 m × 60 m em superfície. Quando comparada à resolução espacial de sensores comerciais de alta resolução, frequentemente submétrica ou métrica, essa capacidade de detalhamento é considerada relativamente baixa, especialmente para análises ambientais em escala local. Nessas condições, há menor riqueza de detalhes, dificultando a identificação precisa de elementos geográficos de pequenas dimensões, bem como a delimitação acurada de bordas de fragmentos florestais, o que pode resultar em generalizações e imprecisões na classificação temática.

Entretanto, ressalta-se que, em estudos desenvolvidos em escala regional ou de bacia hidrográfica, essa resolução mostra-se adequada, pois permite a análise de padrões espaciais mais amplos da paisagem, garantindo cobertura territorial contínua,

maior frequência de revisita e viabilidade operacional para o monitoramento ambiental sistemático.

Além do fator espacial, destaca-se a influência das condições fenológicas da vegetação. A área de estudo está inserida em domínio de Floresta Estacional Semidecidual, cuja dinâmica sazonal é marcada pela perda parcial de folhas durante o período de estiagem. Nesse intervalo, diversas espécies reduzem sua atividade fisiológica, diminuindo a evapotranspiração e o consumo hídrico. Do ponto de vista do sensoriamento remoto, essa condição implica redução do vigor vegetativo e alteração da resposta espectral da cobertura florestal. Como consequência, o sensor pode registrar valores digitais semelhantes aos de classes não florestais, especialmente pastagens secas ou solo exposto, favorecendo equívocos na classificação supervisionada realizada em períodos secos.

Visando reduzir os efeitos dessas variações sazonais e das limitações impostas pela resolução espacial, optou-se pela utilização da média entre os resultados obtidos nas duas datas, procedimento que permite expressar de forma mais representativa a configuração anual da cobertura florestal. Observou-se, ainda, pequena diferença no somatório das áreas totais classificadas entre as imagens, fato que pode ser atribuído ao tamanho dos pixels, que torna incomum a sobreposição exata dos limites classificados entre diferentes datas.

Para a avaliação da confiabilidade do mapeamento, procedeu-se à validação da classificação por meio de matriz de confusão, cujos resultados são apresentados na Tabela 2, a partir da qual foram estimados a exatidão global e o índice Kappa, métricas amplamente empregadas para mensurar a concordância entre dados classificados e de referência (Congalton & Green, 2019).

Tabela 2 - Acurácia da classificação digital supervisionada do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do córrego Horizonte, referente às imagens de julho e novembro de 2024

Classificado	Referência			
	17 de julho de 2024		19 de novembro de 2024	
	Fragmento Florestal	Outros	Fragmento Florestal	Outros
Fragmento Florestal	13	1	19	5
Outros	5	31	3	23

Fonte: os autores (2025).

Considerando os 50 pontos amostrados, a exatidão global foi de 88% para a imagem de 17 de julho e 84% para a de 19 de novembro. Os valores do índice Kappa foram de 0,73 e 0,68, respectivamente, sendo ambos classificados como “muito bons”, conforme a escala proposta por Landis e Koch (1977).

Estudos correlatos apresentam resultados variados, dependendo do sensor e do alvo analisado. Vilanculo (2025), utilizando imagens do satélite Landsat 8 para a identificação de manguezais, obteve índice Kappa de 0,98, classificado como excelente. No monitoramento agrícola, Oliveira et al. (2024), ao mapearem áreas de cultivo de soja com imagens do Sentinel-2 no município de Abelardo Luz (SC), alcançaram índice Kappa de 0,81, também considerado excelente segundo a mesma classificação metodológica.

As referências mencionadas possuem resolução espacial de 30 m para o Landsat 8 e 10 m para o Sentinel-2, sendo esta última superior à do satélite utilizado no presente estudo. Essa característica proporciona maior detalhamento da região estudada e reduz a superestimação de resultados, uma vez que a resolução mais fina

permite distinguir com maior precisão as características observadas visualmente. Em sensoriamento remoto, quanto menor a resolução espacial, isto é, quanto menor o tamanho do pixel, maior é a capacidade de identificar objetos e padrões no terreno, o que tende a melhorar a acurácia das classificações, desde que os procedimentos metodológicos sejam corretamente aplicados (Jensen, 2015).

Adicionalmente, destaca-se o estudo de Feitosa *et al.* (2023), que avaliou o desempenho das imagens fornecidas pelo sensor WFI embarcado no satélite Amazonia-1 para avaliação no monitoramento do bioma amazônico. Os autores relataram desempenho satisfatório, concluindo que essas imagens são um produto de ótima qualidade, estando entre os melhores produtos para o monitoramento ambiental de florestas tropicais como a Amazônia Legal brasileira.

Considerações finais

O Amazonia-1 é um satélite recentemente lançado, que possui como principal função monitorar o desmatamento da Amazônia, além de disponibilizar imagens de ampla cobertura territorial, possibilitando a realização de diversos estudos envolvendo sensoriamento remoto.

De acordo com os resultados apresentados no presente trabalho, a utilização das imagens do sensor WFI embarcado no satélite Amazonia-1, implementada ao sensoriamento remoto, especificamente à classificação supervisionada de imagens, obteve resultados satisfatórios, quando utilizado para identificar as classes de uso e cobertura da terra, especialmente os fragmentos florestais. Essa classificação foi caracterizada como “muito boa”, de acordo com a escala proposta por Landis e Koch (1977).

Desta forma, com base nos resultados deste estudo, conclui-se que a área de fragmento florestal presente na bacia hidrográfica do córrego Horizonte corresponde a 4,89 km², representando 37% da área da bacia, indicando um grau moderado de fragmentação florestal.

Referências

- ANDRÉN, H. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat. **Oikos**, v. 1, n. 3, p. 355–366, 1994. DOI: <https://doi.org/10.2307/3545823>.
- COLEMAN, K; KUENZER, C. Forest Fragmentation in Bavaria: A First-Time Quantitative Analysis Based on Earth Observation Data. **Remote Sensing**. v. 17, n. 5, p. 2558, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs17152558>.
- CONGALTON, R. G., & GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data**: principles and Practices (3rd ed.). CRC Press, 2019.
- COHEN, J. A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. **Educational and Psychological Measurement**. v. 20, n. 1, p. 37-46, 1960.
- FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 34, p. 487–515, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>

FEITOSA, J. V. P. et al. Identificação analítica de classes de desflorestamento com o sensor WFI-AMAZONIA-1, no Projeto Deter-Amazonia. 2023. In: **Anais...** do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 20, 2023.

FERRARI, J. L.; SILVA, S. F. DA; SANTOS, A. R. DOS; GARCIA, R. F.. Corredores ecológicos potenciais na subbacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES, indicados por meio de SIG. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 1, p. 133-141, 2012.

FERRARI, J. L.; DA SILVA, S. F.; SANTOS, A. R.; GARCIA, R. F. Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, n. 8, v. 2, p.181-188, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v8i2a1575>.

FORMAN, R. T. T. **Land mosaics**: the ecology of landscapes and regions. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

GEOBASES - Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo. **Downloads**, 2025. Disponível em: <https://geobases.es.gov.br/>. Acesso em: 5 jul. 2025.

HANEDA, Leo E. et al. Caracterização do comportamento espectral e distinção de tipologias florestais utilizando imagens orbitais multiespectrais de alta resolução. **Anais...**, 2023. In: **Anais...** São José dos Campos, SP: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2023. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2023/trabalhos/caracterizacao-do-comportamento-espectral-e-distincao-de-tipologias-florestais-u?lang=pt-br>. Acesso em: 5 fev. 2026.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira** (2. ed.). Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

INMET. Instituto Nacional De Meteorologia. **Estações Automáticas**: Alegre ES, 2025. Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br/>. Acesso em: 5 jul. 2025.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Amazonia 1**: Descritivo da Missão e do Satélite. 2021.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Catálogo**, 2025. Disponível em: <https://www.dgi.inpe.br/catalogo/explore>. Acesso em: 5 jul 2025.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p.159-174, 1977.

LONGO, R. M., da S., A. L., RIBEIRO, A. I., GOMES, R. C., SPERANDIO, F. C., & NUNES, A. N. (2024). Evaluating the Environmental Quality of Forest Remnants Using Landscape Metrics. **Sustainability**, v. 6, n. 4, p. 1543, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16041543>.

MAPBIOMAS. **RAD 2024**: Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2024 - São Paulo, Brasil -MapBiomass, 2025 - 209 páginas. DOI: 10.1088/1748-9326/ac5193.

MÉNDEZ CUBILLOS, X. C. Sistema de Controle de Atitude do Satélite Amazonia-1 utilizando Controle Não-Linear e Robusto. 2024. In: **Anais...** XVI Congresso Ibero-americano de Engenharia Mecânica. Concepción, Chile, 2024.

MENDES, L. J. **Análise da cobertura florestal de uma bacia altamente fragmentada no norte do Espírito Santo, Brasil**. 2021. 19 f. Monografia (Pós-graduação lato sensu em Gestão Ambiental) – Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Nova Venécia, Nova Venécia, 2021.

PARDINI, R., BUENO, A. A., GARDNER, T. A., PRADO, P. I., & METZGER, J. P. Beyond the fragmentation threshold hypothesis: regime shifts in biodiversity across fragmented landscapes. **PLoS ONE**, v. 5, n. 10, p. e13666, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0013666>.

PEREZ, A.; YEH, C.; AZZARI, G.; BURKE, M.; LOBELL, D.; ERMON, S. Poverty Prediction with Public Landsat 7 Satellite Imagery and Machine Learning. **31st Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2017)**, Long Beach, CA, USA, v. 10, p. 1711.03654v1, 2017. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.06418>.

REED, B. C.; BROWN, J. F.; VANDERZEE, D.; LOVELAND, T. R.; MERCHANT, J. W.; OHLEN, D. O. Measuring phenological variability from satellite imagery. **Journal of Vegetation Science**, v. 5, n. 5, p. 703–714, 1994. DOI: <https://doi.org/10.2307/3235884>.

RIZZO, F. A.; ARANTES, L. T.; SILVA, D. C. da C. e; TONELLO, P. S. Análise dos elementos morfométricos da Bacia Hidrográfica do Córrego do Pequiá como instrumento de suporte à sua gestão. **Revista Sítio Novo**, Palmas, v. 6, n. 3, p. 101–116, 2022. DOI: <https://doi.org/10.47236/2594-7036.2022.v6.i3.101-116p>.

SANTOS, João Flávio Costa et al. Fragmentação florestal na Mata Atlântica: o caso do município de Paraíba do Sul, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 15, n. 3, 2017. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/rbrasbioci/article/view/114618>. Acesso em: 5 fev. 2026.

SLATTERY, Z.; FENNER, R. Spatial Analysis of the Drivers, Characteristics, and Effects of Forest Fragmentation. **Sustainability**, v. 13, p. 3246, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13063246>.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2007.

VELOSO, H. P., RANGEL-FILHO, A. L. R., & LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

VILANCULO, O. L. A. C. Classificação supervisionada aprimorada para mapeamento da floresta de mangue a partir de imagens de satélite Landsat 8. **Revista Brasileira**

de Sensoriamento Remoto, [S. l.], v. 6, n. 1, 2025. Disponível em:
<https://www.rbsr.com.br/index.php/RBSR/article/view/183>. Acesso em: 5 fev. 2026.

ZHANG, X.; FRIEDL, M. A.; SCHAAF, C. B.; STRAHLER, A. H.; HODGES, J. C. F.; GAO, F.; REED, B. C.; HUETE, A. Monitoring vegetation phenology using MODIS. *Remote Sensing of Environment*, v. 84, n. 3, p. 471–475, 2003. DOI:
[https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00135-9](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00135-9).

Informações complementares

Descrição		Declaração
Financiamento		Não se aplica.
Aprovação ética		Não se aplica.
Conflito de interesses		Não há.
Disponibilidade dos dados de pesquisa subjacentes		O trabalho não é um <i>preprint</i> e os dados subjacentes ao texto da pesquisa estão disponíveis sob demanda dos pareceristas.
Uso de Inteligência Artificial		Não há.
CrediT	Vinício Crissafe dos Santos Lemos	Funções: tratamento de dados, escrita da metodologia e resultados, modelagem dos resultados.
	Jeferson Luiz Ferrari	Funções: orientação dos procedimentos metodológicos e revisão.
	Letícia Chierici Almeida	Funções: desenvolvimento introdutório do trabalho e revisão.

Avaliadores: Os avaliadores optaram pela avaliação fechada e pelo anonimato.

Revisora do texto em português: Regina Sônia dos Santos*.

Revisora do texto em inglês: Regina Sônia dos Santos*.

Revisora do texto em espanhol: Graziani França Claudino de Anicézio.

Como citar:

LEMOS, Vinicio Crissafe dos Santos; FERRARI, Jeferson Luiz; ALMEIDA, Letícia Chierici. Análise da fragmentação florestal em bacia hidrográfica no sul do Espírito Santo: um estudo com o Amazonia-1. *Revista Sítio Novo*, Palmas, v. 10, p. e1904, 2026. DOI: 10.47236/2594-7036.2026.v10.1904. Disponível em:
<https://sitionovo.ifto.edu.br/index.php/sitionovo/article/view/1904>.

* Conforme informado pelos autores e comprovado por documento anexado ao sistema da Revista.