



INFLUÊNCIA DA DECLIVIDADE NA COBERTURA VEGETAL EM ÁREAS CILIARES DE UMA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA NO LITORAL NORTE DA PARAÍBA.

Vitória Rodrigues Bitu¹
Maria Clara Rodrigues Dias²
Milena Dutra da Silva³
Nadjacleia Vilar Almeida⁴

RESUMO

A vegetação desempenha papel crucial na retenção de sedimentos e na infiltração da água no solo, reduzindo o escoamento superficial e prevenindo deslizamentos. Quando combinada com a análise da declividade, a cobertura vegetal contribui para a identificação de áreas mais vulneráveis à erosão e inundações. Assim, esta pesquisa tem como objetivo analisar a relação entre a cobertura vegetal e a declividade em áreas de preservação permanente ciliares (APPCs) da sub-bacia hidrográfica do Rio Estiva, localizada no litoral norte da Paraíba, com foco na influência desses fatores na conservação do solo e controle da erosão. O trabalho utiliza dados do Modelo Digital de Elevação (MDE), junto a imagens do satélite Landsat 8, para a classificação da cobertura e uso da terra na APPC. A metodologia incluiu a sobreposição de mapas de declividade e cobertura do solo, além de análises estatísticas para entender as correlações entre esses elementos. Os resultados indicam que as áreas de maior declividade apresentam vegetação densa, enquanto as de declividade suave são mais suscetíveis à ocupação agropecuária, o que intensifica a degradação ambiental. As APPCs desempenham papel fundamental na conservação da biodiversidade e na regulação do ciclo hídrico, sendo essenciais para a estabilidade ecológica da região. Este estudo ressalta a importância da conservação das áreas com vegetação natural, especialmente nas regiões de maior declividade, para o controle da erosão e proteção do solo.

Palavras-chave: uso do solo, declividade, mata ciliar.

INTRODUÇÃO

A cobertura vegetal e a declividade são fatores cruciais que influenciam a estabilidade de taludes, o controle da erosão e o reforço do solo (Cao et al., 2021). A interação entre esses dois elementos desempenha um papel significativo na dinâmica da erosão do solo e na gestão da água em diversas paisagens. A declividade do terreno se destaca como elemento determinante para a estrutura, composição e densidade de

¹ Bolsista da Iniciação Científica da UFPB e Graduando do Curso de Engenharia Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, vitoria.bitu@academico.ufpb.br;

² Bolsista da Iniciação Científica da UFPB e Graduando do Curso de Ecologia do Centro de Ciências Aplicadas e Educação da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, mcrd@academico.ufpb.br;

³ Doutora em Geografia pela UFPE, Professora adjunta do Departamento de Engenharia e Meio Ambiente do Centro de Ciências Aplicadas e Educação da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, milena.dutra@academico.ufpb.br;

⁴ Professora orientadora: Doutora em Geografia pela UFF, Professora associada do Departamento de Engenharia e Meio Ambiente do Centro de Ciências Aplicadas e Educação da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, nadjacleia.almeida@academico.ufpb.br.



vegetação. Segundo Vidaletti et al. (2021), a cobertura vegetal atua aumentando a rugosidade do terreno, protegendo o solo da desagregação causada pelo impacto direto das gotas de chuva, o que contribui para a redução da erosão hídrica, aumento da infiltração da água e controle da temperatura do solo. Em áreas com maior declividade, a presença de cobertura vegetal é ainda mais importante para evitar o escoamento superficial e a erosão, já que terrenos inclinados tendem a favorecer o escoamento e a perda de solo.

Tanto Moreira et al. (2013) quanto Schirmer et al. (2013) evidenciam uma relação direta entre a declividade do terreno e o padrão de uso e cobertura do solo. De acordo com Moreira et al. (2013), áreas com declividades menores — entre 0% e 15% — são majoritariamente ocupadas por culturas agrícolas intensivas, como cana-de-açúcar, citrus e floresta plantada, refletindo a preferência por terrenos mais planos para a mecanização e produtividade. Já em terrenos mais inclinados, com declividades superiores a 15%, predominam a mata nativa e o pasto, que se adaptam melhor às limitações impostas pelo relevo. Complementarmente, Schirmer et al (2013). apontam que as faixas de 0-15% são amplamente ocupadas por lavouras e campos, com redução significativa da vegetação nativa, ao passo que, a partir de 15%, observa-se a expansão de áreas com vegetação arbórea e retração das atividades agrícolas. Em declividades acima de 30% — e especialmente acima de 47% —, o uso do solo torna-se fortemente restrito, favorecendo a preservação de vegetação densa. Ambas as abordagens, portanto, ressaltam o papel do relevo como condicionante do uso do solo, sendo as áreas de maior declividade essenciais à conservação ambiental e mais resistentes à ocupação agrícola intensiva.

O presente artigo traz uma importante discussão sobre o impacto da declividade na conservação nas Áreas de Preservação Permanente Ciliares, tendo em vista o contexto do litoral norte da Paraíba inserido no bioma da Mata Atlântica, onde historicamente, essas áreas estão inseridas em uma paisagem que foi alvo de intensa colonização, cuja devastação das florestas proporcionou a formação de mosaicos de uso da terra composta por atividades agropecuárias (Santos et al., 2024). Apesar dos impactos, segundo Righi et al. (2023) as APP são de extrema importância para a manutenção da área ciliar, o equilíbrio hídrico ecológico e edáfico, além de serem vitais para a formação de corredores de vegetação que podem conectar fragmentos florestais



ao longo do território, além de exercer papel fundamental no controle da poluição dos cursos d'água e na conservação da biodiversidade.

O objetivo principal é analisar a relação entre a cobertura vegetal e a declividade existente nas Área de Preservação Permanente Ciliares da sub-bacia hidrográfica do Rio Estiva, localizada no litoral norte da Paraíba, com foco na influência desses fatores na conservação do solo e controle da erosão. Para tanto, a metodologia adotada envolveu a delimitação da sub-bacia, a análise de declividade a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE) e a classificação da cobertura vegetal por meio de imagens de satélite e geoprocessamento em ambiente SIG.

Os resultados da análise na Área de Preservação Permanente Ciliar (APPC) da sub-bacia do Rio Estiva revelam uma forte correlação entre o uso do solo e a declividade do terreno. Observou-se que áreas com declividades suaves são predominantemente ocupadas por atividades agropecuárias, enquanto as regiões mais íngremes mantêm maior cobertura vegetal, especialmente vegetação densa. Essa dinâmica evidencia a vulnerabilidade ambiental das áreas planas frente à pressão antrópica, ao passo que as zonas de relevo mais acentuado ainda desempenham importante papel na conservação do solo e na contenção de processos erosivos.

METODOLOGIA

A base cartográfica utilizada no presente estudo foi elaborada a partir da integração de cartas topográficas da SUDENE (1974), na escala 1:25.000. A vetorização da rede hidrográfica e dos limites da sub-bacia do rio Estiva foi realizada com precisão no software QGIS 3.32.1. Inicialmente, a delimitação automática da sub-bacia foi feita a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE) proveniente da missão SRTM, com resolução espacial de 30 metros, disponibilizado pelo USGS. Essa delimitação foi posteriormente revista e refinada com apoio das cartas topográficas, assegurando maior precisão na definição dos divisores de água.

Foram utilizadas seis folhas topográficas, Rio Tinto (SB.25-Y-A-V-4-NE), Itapororoca (SB.25-Y-A-V-4-NO), Rio Grupiúna (SB.25-Y-A-V-2-SE), Camaratuba (SB.25-Y-A-V-2-SO), Mataraca (SB.25-Y-A-V-2-NE) e Baía da Traição (SB.25-Y-A-VI-1-SO), que abrangem integralmente a área da sub-bacia e serviram como base para validação e complementação dos dados vetoriais. A partir dessa base integrada, foram



elaborados os mapas vetoriais de delimitação da sub-bacia hidrográfica e da rede de drenagem.

As Áreas de Preservação Permanente Ciliares (APPCs) foram delimitadas com base nos parâmetros legais estabelecidos pelo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012), que determina faixas de proteção de 30 metros para cursos d'água com largura inferior a 10 metros, 50 metros para cursos com largura entre 10 e 50 metros, e um raio de 50 metros ao redor de nascentes. A identificação das nascentes foi realizada por meio da ferramenta “Extrair Vértices” no QGIS, enquanto a delimitação das APPCs foi conduzida com a ferramenta “Buffer”, respeitando as dimensões previstas na legislação ambiental.

O processamento das imagens de satélite foi realizado na plataforma Google Earth Engine (GEE), utilizando dados dos anos de 2020 a 2024, com resolução espacial de 30 metros. O código de processamento, desenvolvido em linguagem JavaScript, aplicou filtros para remoção de interferências atmosféricas, com o uso da banda “QA_Pixel” para exclusão de pixels com nuvens e sombras. Após a filtragem, o código calculou a mediana temporal das imagens, com o objetivo de reduzir ruídos sazonais, gerando uma composição mais estável. Posteriormente, foi utilizada a composição do 3R (Verde), 4G (Vermelho), 5B (Infravermelho Próximo), a fim de aprimorar a identificação das áreas vegetadas.

A composição espectral em falsa cor foi fundamentada na alta reflectância da vegetação saudável na faixa do Infravermelho Próximo (IRP), o que facilita a distinção entre áreas preservadas e degradadas (Ponzoni, Shimabukuro e Kuplich, 2012). Para a classificação da cobertura do solo na sub-bacia, foi aplicado o algoritmo de aprendizado de máquina Random Forest, amplamente utilizado em estudos ambientais devido à sua robustez e alta acurácia. De acordo com Ferla et al. (2025), o Random Forest é uma abordagem robusta para o mapeamento preciso do uso e cobertura da terra em áreas de interesse na Mata Atlântica. O modelo foi treinado com amostras previamente definidas e representativas das diferentes classes de uso e cobertura da terra da área de estudo, garantindo a consistência da classificação.

O número de classes foi definido a partir da classificação supervisionada onde foram identificadas 6 classes entre cobertura e uso da terra conforme apresentado no Quadro 1.



Quadro 1. Classes de uso e cobertura do solo.

Classe	Característica
Campo Alagado	Vegetação rasteira afetada por inundações;
Mangue	Vegetação típica de áreas costeiras;
Vegetação Densa	Vegetação onde a copa das árvores cobrem grande parte do solo;
Área sem Vegetação	Área onde a vegetação natural foi removida;
Agropecuária	Agricultura e pastagem;
Vegetação de Transição	Vegetação rasteira;

Fonte: Autora (2025).

Foi extraído o MDE (Modelo Digital de Elevação) da sub-bacia extraído pelo plugin topography do Qgis, através do MDE foi feita a reclassificação para os dados de declividade. Para o mapa da declividade foi utilizado classificação da Embrapa (1979) que estabelece seis classes de declividade para caracterizar o relevo, utilizando faixas de porcentagem de inclinação:

Quadro 2. Classes de declividade propostas pela Embrapa (1979).

Classes de Declividade	Limites Percentuais (%)
Plano	0-3
Suave Ondulado	3-8
Ondulado	8-20
Forte-Ondulado	20-45
Montanhoso	45-75
Escarpado	> 75

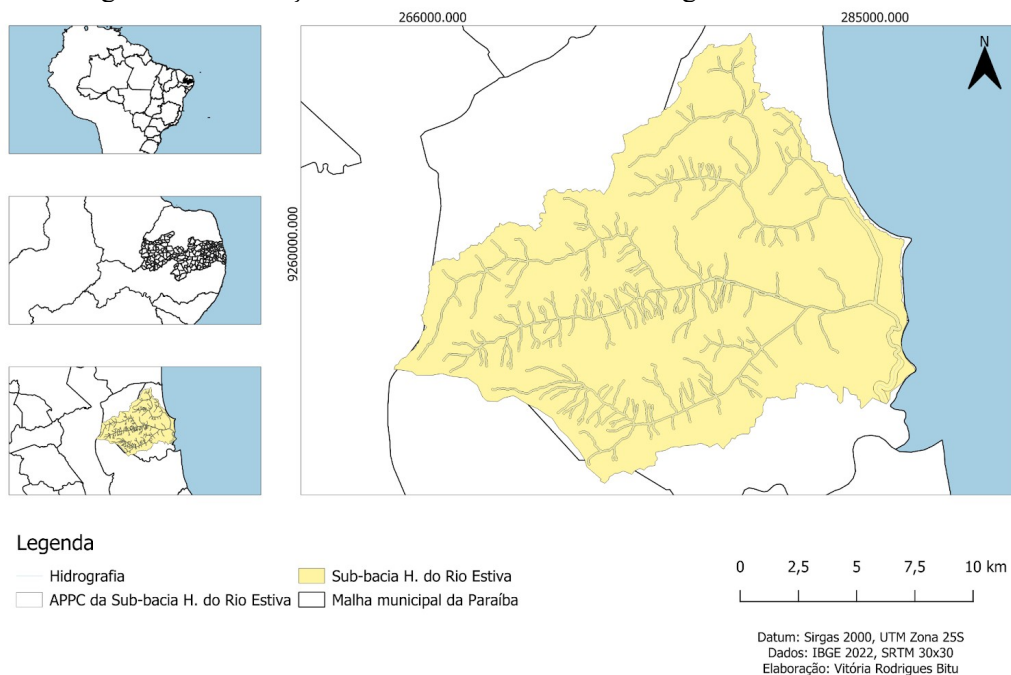
Fonte: Embrapa (1979)

Após a classificação da cobertura do solo e da declividade, procedeu-se à sobreposição temática dos respectivos mapas por meio da ferramenta Overlay no software QGIS. Essa etapa permitiu a integração das informações espaciais, associando cada classe de uso e cobertura do solo às respectivas faixas de declividade. Em seguida, foi realizada uma análise estatística com o uso da ferramenta Zonal Statistics, a qual possibilita a obtenção de estatísticas descritivas com base nas zonas definidas pelas classes de declividade. Essa análise visou identificar possíveis correlações entre a inclinação do terreno e a presença de vegetação, determinando, quantitativamente, se há uma relação significativa entre esses dois elementos. Paralelamente, realizou-se uma análise qualitativa dos padrões espaciais, por meio da observação direta da distribuição das diferentes classes de cobertura vegetal nas distintas faixas de declividade, permitindo compreender a dinâmica espacial da vegetação em relação ao relevo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sub-bacia do Rio Estiva se estende por 22.527,17 ha com uma Área de Preservação Permanente Ciliar de 2.063,28 ha que corresponde a 9,16% da área da sub-bacia, o território compreende 3 municípios do estado da Paraíba, Rio Tinto, Marcação e Baía da Traição (Figura 1).

Figura 1. Localização da APPC da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Estiva



Fonte: Autora (2025).

Os ambientes com cobertura vegetal natural (vegetação densa, transição, mangue e campo alagado) são predominantes na APPC da sub-bacia do Rio Estiva (81,3% da APPC), seguido do uso agropecuário (18,7%) (Tabela 1).

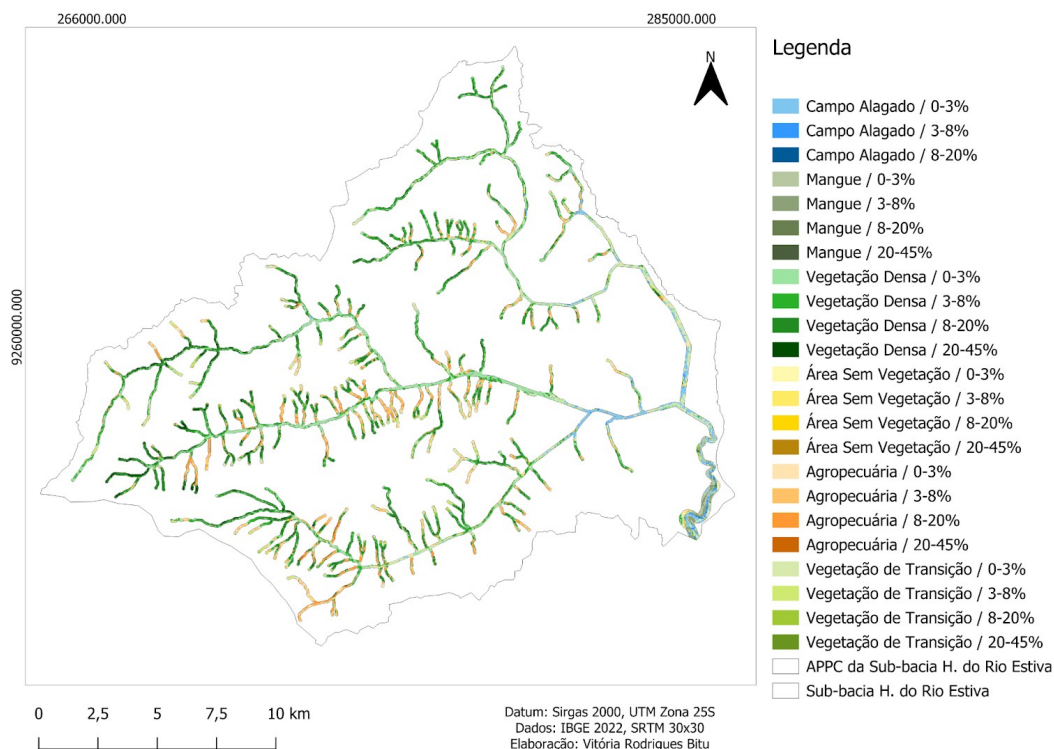
Quando analisada as classes de declividade na APPC, a declividade suave ondulada e ondulada são predominantes (67%) (Tabela 1). Essas classes de declividade tradicionalmente favorecem o uso intensivo, com ênfase na agropecuária, embora também possa se observar um avanço dessa prática para áreas de declividade, tipificadas como forte ondulado. Tais características topográficas são determinantes para a dinâmica da erosão em áreas de sub-bacias, destacando a necessidade de um planejamento adequado para a recuperação dessas áreas. A perda da cobertura vegetal nas áreas ocupadas pela agropecuária contribui para o agravamento da erosão do solo e a fragilidade ambiental, como evidenciado por Rabelo et al. (2016), que ressaltam a

importância do manejo adequado da cobertura vegetal para manter a estabilidade dos ambientes naturais, principalmente em regiões costeiras e sujeitas a pressões antrópicas.

A análise da cobertura do solo nas distintas faixas de declividade da Área de Preservação Permanente Ciliar da Sub-bacia do Rio Estiva evidenciou uma correlação entre o uso do solo e a declividade, conforme estabelecido por Moreira et al. (2013) (Figura 2).

Os resultados evidenciam que nas áreas de declividades mais acentuadas a vegetação densa é predominante, devido à menor ocupação humana, enquanto as declividades suaves se mostram mais suscetíveis à remoção da vegetação para a implantação de atividades agropecuárias (Tabela 1). De acordo com Schirmer et al. (2013), às atividades de uso da terra tendem a ser mais intensas em áreas de baixa declividade, enquanto o aumento da inclinação do terreno leva a uma redução no uso agrícola e a um aumento significativo da área de vegetação, principalmente em encostas íngremes.

Figura 2. Distribuição das classes de cobertura e uso da terra e sua relação com a declividade na Sub-bacia do Rio Estiva.



Fonte: Autora (2025).

Tabela 1. Distribuição das Classes de Declividade e Cobertura e uso da terra da APPC da Bacia Hidrográfica do Rio Estiva.

Classes de cobertura e uso da terra		Classes de Declividade			
		Plano	Suave Ondulado	Ondulado	Forte ondulado
Vegetação Densa	(ha)	275,52	369,95	463,62	85,64
	(%)	13,35	17,93	22,47	4,15
Vegetação de Transição	(ha)	136,62	116,96	55,81	2,63
	(%)	6,62	5,67	2,70	0,13
Área Sem Vegetação	(ha)	2,02	5,04	2,04	0,04
	(%)	0,10	0,24	0,10	0,00
Mangue	(ha)	28,16	28,43	1,57	0,02
	(%)	1,36	1,38	0,08	0,00
Campo Alagado	(ha)	86,06	24,22	2,16	0,00
	(%)	4,17	1,17	0,10	0,00
Agropecuária	(ha)	56,19	175,37	137,54	7,67
	(%)	2,72	8,50	6,67	0,37
Total	(ha)	584,57	719,97	662,74	96,00
	(%)	28,33	34,89	32,12	4,65

Fonte: Autora (2025).

A vegetação densa prevalece na faixa do forte ondulado. A predominância de vegetação densa nas áreas mais íngremes da APPC está alinhada aos objetivos de preservação ambiental, corroborando a percepção de que essas regiões são mais vulneráveis a processos erosivos, como afirma Oliveira et al. (2022) destacando que áreas com vegetação densa em relevo elevado possuem maior capacidade de controle da erosão, ao passo que áreas planas, com uso agropecuário, apresentam menor cobertura vegetal e maior vulnerabilidade.

O avanço da agropecuária para áreas de forte ondulado (20-45%) representa um risco, uma vez que essas áreas, atualmente ocupadas pela classe vegetação rala, favorecendo a ocupação com culturas agrícolas, como a cana-de-açúcar, o que intensifica a degradação da vegetação nativa. No estudo de Righi, et al. (2023) o conflito principal com as APPs no município de Vacaria - RS é a agricultura, seguido pelo uso agrícola misto, silvicultura, pomares e áreas urbanizadas, os impactos encontram-se mais acentuados em áreas mais planas e propícias à agricultura.

A predominância de vegetação de transição em áreas de suave ondulado favorece, por sua vez, a expansão de cultivos, como a cana-de-açúcar, intensificando a degradação dessas áreas. Essa dinâmica é indicativa de uma crescente pressão sobre o ambiente natural, cujas consequências comprometem a qualidade do solo. Segundo



Moreira et al. (2013) em termos de conservação do solo, essas classes geralmente não apresentam problemas com processos erosivos, mas práticas de conservação devem ser adotadas para uso intensivo.

A sub-bacia, com uma extensão de 22.527,17 hectares, apresenta uma pequena proporção de terrenos montanhosos (45-75%), que representam menos de 1% da área total, correspondendo a apenas 4,06 hectares ou 0,02%. Nessas regiões, as áreas com declividade mais acentuada são predominantemente cobertas por vegetação densa, o que contribui para a preservação do solo nessas zonas de relevo crítico. Embora essas áreas não se encontrem dentro da APPC, estão localizadas nas proximidades, reforçando a importância de sua conservação

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da cobertura e uso da terra em relação à declividade em Áreas de Preservação Permanente Ciliares (APPCs) é fundamental e crucial para o planejamento territorial e para fins de conservação do solo, prevenção de erosões e deslizamentos. Observou-se que as áreas com maior declividade, especialmente as classificadas como forte ondulado (20-45%), tendem a conservar vegetação mais densa, enquanto as regiões de relevo mais suave (0-8%) são amplamente ocupadas por atividades agropecuárias, em especial o cultivo da cana de açúcar. Portanto, na sub-bacia do Estiva o relevo atua como um fator limitante natural à ocupação, no entanto a vegetação de transição concentrada nas áreas de baixa declividade pode estar sob risco devido o avanço da atividade agropecuária.

Tal padrão de ocupação demonstra o impacto da aptidão agrícola associada ao relevo na conversão da cobertura vegetal nativa, o que contribui para a degradação ambiental e aumento da vulnerabilidade a processos erosivos. Além disso, é necessária a fiscalização e regulamentação adequada das APPCs, visando minimizar os impactos negativos, principalmente em relação ao avanço da agropecuária em áreas de relevo suave ondulado, promovendo práticas que respeitem os limites ecológicos da APPC especialmente na delimitação de áreas prioritárias para conservação e restauração ecológica em bacias hidrográficas, além de reforçar a relevância de instrumentos legais que regem as APPCs e sua efetiva proteção diante do avanço de práticas agrícolas em áreas de fragilidade ambiental.



REFERÊNCIAS

CAO, Zihao et al. The relative contributions of slope gradient and vegetation cover on erosion characteristics of riparian slopes along the lower Yellow River, China. **Authorea Preprints**, 2021.

FERLA, Andressa Kossmann; KUPLICH, Tatiana Mora; DA SILVA NARVAES, Igor. Utilização do classificador Random Forest para Classificação do Uso e Cobertura da Terra a partir de Dados Sentinel 1 e 2 em região campestre no bioma Mata Atlântica. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 29, p. e87967-e87967, 2025.

FLÁVIO JORGE PONZONI; YOSIO EDEMIR SHIMABUKURO; TATIANA MORA KUPLICH. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. [s.l.] São Paulo Oficina De Textos, 2012.

MOREIRA, Eder Paulo; VALERIANO, M. de M. Relação entre diferentes usos e coberturas da terra e declividade do terreno: implicações em conservação do solo. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

OLIVEIRA, Paulo Jerônimo Lucena de; GUEDES, Jânio Fernandes; COSTA, Diógenes Félix da Silva. Serviços ecossistêmicos de regulação em uma bacia hidrográfica no semiárido do Brasil. **Mercator (Fortaleza)**, v. 21, p. e21028, 2022.

PONZONI, Flávio Jorge; SHIMABUKURO, Yosio Edemir; KUPLICH, Tatiana Mora. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2. ed. atual. e ampl. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 176 p. ISBN 978-85-7975-053-3.

RABELO, Laiane Sousa Silva. Fragilidade ambiental apoiada nas classes de declividade da Ilha de Tauá-Mirim: contribuição aos estudos para criação da RESEX de Tauá-Mirim. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 1459-1468, 2016.

RIGHI, Eleia et al. Uso e ocupação do solo em área de preservação permanente no município de Vacaria/RS. **Revista Georaguaia**, v. 13, n. 2, p. 186-210, 2023.

SANTOS, Patrícia Marques; BOHRER, Claudio Belmonte de Athayde; NASCIMENTO, Marcelo Trindade. Impactos das mudanças de uso e cobertura da terra em fitofisionomias da Mata Atlântica. **Ambiente & Sociedade**, v. 27, p. e01701, 2024.

SCHIRMER, G. J.; TRENTIN, Romário. Relação entre declividade e usos da terra a partir da classificação de imagens de satélite nos municípios de Dona Francisca, Faxinal do Soturno e Nova Palma-RS. **XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais... Foz do Iguaçu: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, p. 7281-7288, 2013.

VIDALETTI, Vitória Fenilli et al. Impacto da cobertura do solo, declividade e precipitação na infiltração de água no solo. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 17, p. e193101724562-e193101724562, 2021.