

EROSÃO DOS SOLOS EM TRILHAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA NO CONTEXTO DA GEOCONSERVAÇÃO E DO GEOTURISMO

SOIL EROSION ON TRAILS: A SYSTEMATIC REVIEW IN THE CONTEXT
OF GEOCONSERVATION AND GEOTOURISM

EROSIÓN DEL SUELO EN SENDEROS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA EN
EL CONTEXTO DE LA GEOCONSERVACIÓN Y EL GEOTURISMO

Alessandra Barbosa Teixeira da Silva¹

 0009-0005-6386-314X

alessabarbosageo@gmail.com

Maria do Carmo Oliveira Jorge²

 0000-0002-5375-2172

orofila@gmail.com

Antônio José Teixeira Guerra³

 0000-0003-2562-316X

antoniotguerra@gmail.com

1 Mestranda em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6386-314X>. E-mail: alessabarbosageo@gmail.com.

2 Pós-doutoranda em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5375-2172>. E-mail: orofila@gmail.com.

3 Professor Titular do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Coordenador do LAGESOLOS. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2562-316X>. E-mail: antoniotguerra@gmail.com.

Artigo recebido em outubro de 2025 e aceito para publicação em dezembro de 2025.

RESUMO: O presente artigo apresenta uma revisão sistemática da literatura, com o objetivo de analisar processos erosivos em trilhas, integrando sua interface com os conceitos de Geoconservação e Geoturismo no recorte temporal entre 2015 e 2025. A análise evidencia uma contradição intrínseca a essas vias: simultaneamente em que constituem elementos fundamentais para o acesso e a interpretação da biodiversidade, trilhas mal planejadas ou sujeitas a uso intensivo convertem-se em vetores de degradação do patrimônio geológico e geomorfológico. A discussão crítica demonstra que a compactação do solo e a ausência da cobertura vegetal, decorrentes do pisoteio, potencializam o processo erosivo – iniciado pela ação do splash e evoluindo para escoamento superficial, formação de ravinas e, por fim, voçorocas. Conclui-se que a erosão em trilhas compromete a segurança dos visitantes, a integridade do patrimônio abiótico e a própria experiência geoturística, destacando a imperativa integração de conhecimentos pedológicos, geomorfológicos e de gestão territorial para um planejamento sustentável desses corredores de acesso.

Palavras-chave: Trilhas. Erosão em Trilhas. Geoconservação. Geoturismo.

ABSTRACT: This article presents a systematic review of the literature with the aim of analyzing erosion processes on trails, by integrating their interface with the concepts of geoconservation and geotourism in the period between 2015 and 2025. The analysis highlights an intrinsic contradiction in these routes: while they are fundamental elements for accessing and interpreting biodiversity, inadequately planned trails or those subject to intensive use become vectors of degradation of geological geomorphological heritage. The critical discussion demonstrates that soil compaction and the absence of vegetation cover, resulting from trampling, enhance the erosion process—initiated by splash action and evolving into surface runoff, gully formation, and, finally, gullies. It is concluded that erosion on trails compromises visitor safety, the integrity of abiotic heritage, and the geotourism experience itself, highlighting the imperative integration of pedological, geomorphological, and territorial management knowledge for the sustainable planning of these access corridors.

Keywords: Trails. Erosion on trails. Geoconservation. Geoturism.

Resumen: El presente artículo presenta una revisión sistemática de la literatura con el objetivo de analizar procesos erosivos en senderos, analizando su interfaz con los conceptos de geoconservación y geoturismo. La integración pone de manifiesto una contradicción intrínseca a estas vías: al mismo tiempo que constituyen elementos fundamentales para el acceso y la interpretación de la biodiversidad, los senderos mal planificados o sometidos a un uso intensivo se convierten en vectores de degradación del patrimonio geológico e geomorfológico. La discusión crítica demuestra que la compactación del suelo y la ausencia de cobertura vegetal, como resultado del pisoteo, potencian el proceso erosivo, iniciado por la acción del splash y que evoluciona hacia el escurrimiento superficial, la formación de barrancos y, finalmente, las cárcavas. Se concluye que la erosión en los senderos compromete la seguridad de los visitantes, la integridad del patrimonio abiótico y la propia experiencia geoturística, destacando la imperativa integración de los conocimientos pedológicos, geomorfológicos y de gestión territorial para una planificación sostenible de estos corredores de acceso.

Palabras clave: Caminos. Erosión en senderos. Geoconservación. Geoturismo.

INTRODUÇÃO

As trilhas constituem um dos elementos fundamentais de conexão entre visitantes e ambientes naturais, atuando como vetores de acesso a geossítios e atrativos paisagísticos de relevância geoturística. No entanto, quando mal planejadas, ou submetidas a uso intensivo, essas vias podem se transformar em focos de degradação, onde processos erosivos se iniciam e evoluem, comprometendo não apenas a segurança e a experiência do usuário, mas também a integridade do patrimônio abiótico.

A erosão dos solos em trilhas é um fenômeno complexo, influenciado pela interação entre fatores naturais como a erosividade das chuvas, a erodibilidade dos solos e a declividade do terreno – e fatores antrópicos, notadamente o pisoteio excessivo e a falta de manejo adequado. Conforme descrito por Guerra (1999, 2005), o processo erosivo inicia-se com o impacto das gotas de chuva (*splash*), evoluindo para o escoamento superficial, a formação de ravinhas e, em estágios avançados, voçorocas. Em trilhas, essa sequência é intensificada pela compactação do solo e pela perda de cobertura vegetal, reduzindo a infiltração e acelerando o escoamento superficial.

No contexto da Geoconservação e do Geoturismo, a erosão em trilhas assume contornos paradoxais: se, por um lado, essas vias são essenciais para a valorização e interpretação da geodiversidade, por outro, podem se tornar agentes de sua depreciação. Autores como Gray (2023) e Bregolin e Rudzewicz (2023) ressaltam a importância da geodiversidade como “a metade esquecida da natureza” e do geoturismo como modalidade capaz de integrar ciência, educação e sustentabilidade. A degradação de trilhas, portanto, não é apenas um problema morfogenético, mas também uma questão que afeta a conservação do geopatrimônio e a qualidade da experiência turística.

Diante desse cenário, questiona-se: como a literatura científica tem abordado os processos erosivos em trilhas no contexto da Geoconservação e do Geoturismo?

Nesse sentido, esta revisão sistemática da literatura tem como objetivo central revisar, sintetizar e analisar a produção científica sobre processos erosivos em trilhas, com ênfase na sua interface com os conceitos de Geodiversidade, Geoconservação e Geoturismo no recorte temporal entre os anos de 2015 e 2025. Nesse contexto, busca-se: identificar os mecanismos de iniciação e evolução da erosão em trilhas; discutir os impactos desses processos sobre a geodiversidade e a prática geoturística; e apontar lacunas do conhecimento e perspectivas para pesquisas futuras. A presente revisão justifica-se pela necessidade de integrar saberes pedológicos, geomorfológicos e turísticos em uma abordagem contextual, contribuindo para o planejamento e a gestão sustentável de trilhas como espaços de conservação, educação e fruição responsável da natureza.

BASES CONCEITUAIS

Solos e sua origem

Lepsch (2011), consolida, no início de sua obra, o conceito de solo ao instigar os leitores com a seguinte pergunta: “Qual seria a melhor definição de solo já abordada?”

Provavelmente uma das melhores definições até o presente seja a do *Soil Survey Manual* (Soil Survey Staff, 1951):

a coleção de corpos naturais que ocupam partes da superfície terrestre, os quais constituem um meio para o desenvolvimento das plantas e que possuem propriedades resultantes do efeito integrado do clima e dos organismos vivos, agindo sobre o material de origem e condicionado pelo relevo durante certo período de tempo (Soil Survey Staff, 1951, p. 17).

De acordo com Guerra (2018), os solos têm papel primordial para a existência dos seres vivos na superfície terrestre e, consequentemente, para o geoturismo, a geodiversidade e a geoconservação. Segundo Lepsch (2011), os solos possuem grande importância, em vários aspectos, inclusive do ponto de vista econômico e social. Leonardo da Vinci, segundo Lepsch (2011, p. 23), já se questionava o porquê de o ser humano conhecer mais “dos distantes objetos celestiais do que o chão abaixo dos nossos pés”. Com essa simples frase, é possível ter uma ideia de como é importante conhecer bem os solos, não só do ponto de vista pedológico, mas também geomorfológico, geotécnico e ecológico (Guerra, 2018).

As riquezas dos solos, formas de relevo e diferentes paisagens têm grande importância nas atividades relacionadas ao geoturismo. A propósito disso, Jorge e Guerra (2016, p. 152) afirmam que:

a geodiversidade sempre teve um papel fundamental nas atividades dos seres vivos. As complexas relações entre geologia, processos naturais, formas de relevo, solos e clima, sempre foram condição sine qua non para a distribuição dos habitats e das espécies. Os recursos naturais também sempre foram essenciais para a sociedade e o crescimento econômico (Jorge; Guerra, 2016, p. 152).

Erosão dos Solos

A erosão dos solos é caracterizada como um fenômeno natural, com ocorrências ao redor do mundo. Por transformar drasticamente as paisagens em diferentes escalas, principalmente por ações antrópicas, acaba se tornando um problema ambiental em diferentes países (Jorge; Guerra, 2013). Logo, degradação dos solos é um problema grave causado principalmente por práticas agrícolas e florestais inadequadas, mas também por atividades industriais, pelo turismo, pelo crescimento das zonas urbanas e industriais e pela construção de equipamentos (Vieira; Bento-Gonçalves, 2021).

Aerosão dos solos, como fator natural, desencadeia processos complexos de desagregação, transporte e deposição de partículas, sendo moldada por diferentes agentes, como a água, o gelo e o vento. Logo, os fatores antrópicos também podem acelerar os processos erosivos (Guerra; Bezerra; Jorge, 2023).

Nesse sentido, a erosão hídrica transcende fronteiras geográficas, com a possibilidade de afetar qualquer paisagem com declividade superior a 3° (Jorge; Guerra, 2013; Guerra *et al.*, 2020; Guerra *et al.*, 2023) onde os processos erosivos ocorrem, como em áreas próximas ou afastadas (*offsite*).

Portanto, esta revisão sistemática concentra-se na erosão hídrica pluvial, pois é caracterizada por muitos pesquisadores como um dos principais desafios em áreas tropicais, tendo em vista os elevados índices pluviométricos que intensificam a erosão, atrelada assim a outros fatores que influenciam no processo erosivo, como as características das encostas, cobertura vegetal, erosividade e erodibilidade, e as intervenções antrópicas (Guerra, 2005; Guerra *et al.*, 2017; Guerra *et al.*, 2023).

Trilhas

As trilhas são, provavelmente, as rotas de viagem mais disseminadas pelo mundo (Lechner, 2006), podendo ser a única forma de acesso para atrativos naturais. Elas possuem diferentes formas, comprimentos e larguras, e possibilitam a aproximação dos visitantes ao ambiente natural, podendo conduzi-los a um atrativo específico, tornando possível seu entretenimento, ou educação, por meio de sinalizações, ou de outros recursos interpretativos (Neiman *et al.*, 2009)

Segundo Marion e Wimpey (2017), as trilhas são a principal infraestrutura e o principal atrativo de grande parte das Unidades de Conservação (UC), bem como o principal foco de atenção, quando se busca analisar os impactos da visitação em ambientes naturais.

De acordo com Jorge e Rangel (2023), apesar de sua relevância, são raras as situações em que as trilhas são implantadas e manejadas de forma adequada, visando alinhar a conservação do ambiente natural à experiência significativa de sensibilização para os usuários, à redução de impactos e de riscos e ao desenvolvimento do uso público de forma adequada.

Erosão dos Solos em Trilhas

Sobre a influência da cobertura vegetal nos processos de erosão, Gyssels *et al.* (2005) ressaltam que a vegetação pode controlar a erosão, por meio da interceptação - através da densidade de sua copa, raízes, e folhas - alterando a distribuição do tamanho das gotas de chuva. Portanto, há necessidade de conservar a vegetação natural, principalmente as áreas florestadas, que influenciam diretamente na conservação e qualidade dos solos.

Além disso, para que a presença de feições erosivas não seja constante na trilha, é necessário que exista um bom escoamento superficial, assim, é preciso considerar a importância do alinhamento das trilhas com as curvas de nível (Leung; Marion, 1996; Olive; Marion, 2009; Jorge *et al.*, 2016; Jorge, 2017).

Uma conceituação robusta do impacto recreativo sobre os solos descreve um processo multiescalar e cumulativo, no qual a intensidade e a magnitude das perturbações dependem do padrão espacial de uso, da frequência de visitação e do tipo de atividade realizada.

O pisoteio promove a redução ou remoção da serapilheira e do horizonte orgânico (horizonte O), ao mesmo tempo em que impõe forças mecânicas responsáveis pela compactação, desagregação estrutural e início da erosão superficial (Figueiredo; Martins, 2021).

A supressão dessas camadas orgânicas interrompe o principal aporte de matéria orgânica ao sistema edáfico; com sua decomposição progressiva, reduz-se a estabilidade dos agregados e a resistência das partículas ao estresse mecânico recorrente, como o impacto do tráfego de caminhantes, favorecendo a deflagração e a propagação de processos erosivos (Hammitt; Cole; Monz, 2015).

A compactação e a erosão são dois dos principais fatores de alteração do solo decorrentes da utilização de trilhas (Cole; Landres, 1995; Hammitt; Cole; Monz, 2015).

Para esse fim, as Unidades de Conservação (UCs) e o estímulo a práticas de uso público de baixo impacto configuram estratégias essenciais para a proteção dos sistemas naturais. Dentre essas práticas, destacam-se as trilhas geoturísticas, que viabilizam o acesso controlado a ambientes ou feições de interesse geológico, geomorfológico e pedológico, cuja relevância científica, educativa

e patrimonial justifica sua conservação e interpretação. O geoturismo tem se apresentado como um segmento promissor da atividade turística, que tem características específicas e essenciais à conservação do patrimônio geológico e geomorfológico, ao desenvolvimento econômico local das comunidades envolvidas (Nascimento *et al.*, 2015; Jorge; Guerra, 2016; Brilha, 2016; Rangel *et al.*, 2019a).

Jorge (2017) destaca a importância de reconhecer que a magnitude dos impactos causados pelo pisoteio depende de diversos fatores, como as condições ambientais e o tipo de uso a que as trilhas estão sujeitas. Rangel e Guerra (2016) enfatizam a relevância do manejo do escoamento superficial, evitando a concentração de fluxo, e sugerem que o traçado das trilhas siga a topografia do terreno.

Para Jorge e Rangel (2023), as trilhas, muitas vezes, são criadas com o objetivo de melhorar, ou proteger os recursos naturais e culturais de uma comunidade. Porém, quando não ocorre planejamento para implementação, e o uso é intensivo, diversos impactos negativos podem ser observados, como o surgimento de processos erosivos, compactação do solo, redução da matéria orgânica, redução da infiltração de água no solo, entre outros.

Uma das principais causas dos processos erosivos em trilhas é o pisoteamento do solo demasiado acarretado, principalmente, pelo excesso da capacidade de carga da trilha provocado pela falta de controle adequado dos visitantes e geoturistas. Um exemplo é o trabalho de Da Silva *et. al.* (2024), que relata que o crescente fluxo de visitantes que percorre as trilhas do PNMP (Parque Natural Municipal da Praia), aliado às características físico-químicas do solo na região, contribui para a sua degradação, incluindo a compactação e o desencadeamento de processos erosivos.

Neste contexto, Lima *et. al.* (2024) ao monitorarem trilhas no PNSB (Parque Nacional da Serra da Bocaina), coletaram amostras não deformadas para determinar a densidade e a porosidade, e amostras deformadas para determinar o pH, a granulometria (textura) e o teor de matéria orgânica. Quanto à profundidade dessas coletas, estas se justificam por serem os principais fatores que sofrem o impacto do pisoteio durante as atividades de uso público.

As Figuras 1 e 2 evidenciam o aparecimento de ravinas provocadas pelo pisoteio intensivo, causado pelo excesso de capacidade de carga turística nas trilhas analisadas. No entanto, a Figura 3 demonstra um início de processo erosivo em trilha originada por escoamento superficial.



Fonte: Acervo de Jorge (2017).

Figura 1. Trilha das Sete Praias – Ubatuba SP.



Fonte: Acervo de Rangel (2016).

Figura 2. Ravina – Trilha da Cachoeira do Pontal Paraty – RJ.



Fonte: Acervo de Silva (2024).

Figura 3. Início de processo erosivo - Trilha do Mirante do Caeté – Rio de Janeiro – RJ.

Trilhas: a dupla face do acesso geoturístico e dos riscos à biodiversidade à aplicabilidade da geoconservação

A cada dia cresce, tanto no Brasil quanto no mundo, o interesse pela visitação e lazer em áreas naturais, em que as possibilidades de observação da natureza, aliada ao conhecimento e aprendizado do que está sendo vislumbrado e usufruído, são cada vez mais focadas, tanto nos aspectos bióticos quanto abióticos. Isso vem ocorrendo nas diferentes paisagens naturais, importantes recursos utilizados pelas diversas modalidades de turismo de natureza, em virtude dos vários significados que elas representam, destacando-se o simbólico, o cultural, o científico, o educacional e o social (Costa; Oliveira, 2018).

Segundo Barbosa *et al.* (2024), algumas trilhas específicas são selecionadas para pesquisa, devido aos seus elementos de Geodiversidade e indícios de processos erosivos. O crescente fluxo de visitantes que percorrem essas trilhas, aliado às características físico-químicas do solo, contribuem para a sua degradação. Os processos de degradação incluem a compactação e a erosão do solo, como as ravinas.

Desse modo, entende-se que vários componentes do meio físico-biótico devem ser vistos de maneira interligada, para responder por uma determinada demanda turística na natureza, cabendo, de acordo com as potencialidades locais, enfatizar determinados aspectos. Nesse contexto surgiu, mais recentemente, na década de 1990, o geoturismo e, atrelado a ele, o conceito de geoconservação (Hose, 2000). Diversos autores, a exemplo de Moreira (2014), Jorge e Guerra (2016) e Oliveira (2017), comungam com a ideia de que esses conceitos estão em construção, embora o de geoturismo tenha sido oficialmente definido em 2011, durante o Congresso Internacional de Geoturismo em Portugal (Costa; Oliveira, 2018).

De acordo com Bregolin e Rudzewicz (2023), o geoturismo está surgindo como uma linha de estudos crescente, dentro do contexto do Turismo Científico, ao destacar o valor científico e promover a interação do turismo com diversas áreas científicas. As viagens de cunho científico remontam ao século XVII, embora o geoturismo moderno, como uma forma de turismo sustentável focado no geopatrimônio. Naquela época, alguns viajantes da elite documentavam suas experiências em paisagens, maravilhas naturais, pedreiras e minas (Hose, 2016).

Segundo Gray (2025), a geodiversidade é o equivalente abiótico da biodiversidade e que é a “metade frequentemente esquecida da natureza. No entanto, Claudino-Sales (2025) promove a integração do conceito de climodiversidade nos estudos de geodiversidade, ao emergir como uma necessidade urgente para uma compreensão holística do ambiente abiótico e suas implicações para as políticas públicas de conservação.

Assim, a geodiversidade e a biodiversidade estão interligadas e podem ser avaliadas em diferentes escalas espaciais e temporais, entre elas a escala local, em espaços específicos, como uma trilha no interior de uma área protegida, ou seja, uma Unidade de Conservação. Portanto, este é o foco da presente análise, em que se discute e analisa não somente a dinâmica ambiental de uma trilha, mas, especialmente, sua importância para o geoturismo e a geoconservação (Costa; Oliveira, 2018).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente investigação foi sustentada através de revisão sistemática da literatura, com a utilização das bases de dados eletrônicos de periódicos indexados; foram analisadas as publicações a partir do ano 2015 até 2025, na base de dados do Portal de Periódicos da CAPES, em bases como *ResearchGate*, *Google Scholar*, *Scopus*, *Web of Science*, *SciELO* e periódicos de “Trilhas Geoturísticas”, “Erosão dos Solos em Trilhas e Geoconservação” e “Erosão dos Solos em Trilhas e Geoturismo”.

Esta investigação envolveu a busca por estudos que possuíram como descritores os termos “trilhas”, “erosão dos solos em trilhas”, “geoconservação” e “geoturismo”, na língua portuguesa; e “trails”, “soil erosion on trails and geoconservation” e “soil erosion on trails and geotourism”, na língua inglesa, a fim de verificar a relação entre esses estudos. As produções científicas onde se encontram estudos mais detalhados sobre erosão em trilhas no âmbito do Geoturismo e/ou Geoconservação podem ser observadas na Tabela 1.

Os procedimentos foram organizados na seguinte sequência: na primeira etapa da investigação, realizou-se um levantamento de artigos encontrados com os descritores propostos nas bases de dados anteriormente mencionadas; em uma segunda etapa, ocorreu uma leitura e seleção criteriosa dos artigos e a formação de um banco de dados sistematizado.

Nessa etapa, os dados de produções científicas como artigos, resumos de anais de congressos, monografias, Dissertações e Teses incluídos foram coletados e armazenados em novo banco de dados, além das características em comum das publicações estudadas, país, ano, tipo de estudo, autores, entre outras variáveis que se mostraram interessantes para a investigação.

Na etapa de análise, esses dados foram debatidos conforme a literatura pertinente, no sentido de estabelecer consensos e pontos divergentes na literatura e produzir um resumo crítico sintetizando as informações disponibilizadas pelos artigos coletados.

A terceira etapa contou com a sistematização e análise dos artigos dos bancos de dados formados. Foram critérios de exclusão: 1) artigos em outros idiomas que não português e/ou inglês; 2) trabalhos científicos que estivessem divulgados em outras formatações, configurados como revisões e materiais educativos; 3) artigos que não contivessem seu resumo nas bases de dados selecionadas; 4) artigos em meta-análise, pelo fato de não serem fontes primárias de dados; 5) artigos com deficiência na descrição metodológica, principalmente no que se refere a objetivo, métodos, resultados e conclusões. Ressalta-se a atenção observada para que os artigos não fossem incluídos duas vezes, caso estivessem indexados em mais de uma das bases de dados selecionadas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A revisão sistemática da literatura no período de 2015 a 2025 (Quadro 1), evidencia que a erosão dos solos em trilhas constitui uma problemática geoconservacionista e geoturística de relevância crescente, especialmente em regiões tropicais, como o Brasil, onde a conjugação entre elevada pluviosidade, solos profundos e uso público intensivo potencializa a degradação desses corredores de acesso.

A predominância de estudos nacionais em bases como *Google Scholar*, *ResearchGate* e Portal de Periódicos da CAPES reflete não apenas a sensibilidade ambiental, diante desse fenômeno, mas também a urgência em compreender os mecanismos erosivos desencadeados pela interação entre fatores naturais e antrópicos.

Quadro 1. Produções Científicas segundo cada base de dados com “Erosão em Trilhas - Geoconservação e Geoturismo” (2015 - 2025).

Base de dados	Tipo de publicação	Produção Científica
Google Scholar	Artigo	Caracterização e Análise da Declividade das Trilhas do Parque Nacional da Tijuca – Subsídios para a Gestão da Visitação
ResearchGate	Artigo	Soil Erosion, Different Approaches and Techniques Applied To Gullies and Trail Erosion
ResearchGate	Artigo	Soil Erosion and Land Degradation On Trail Systems In Mountainous Areas: Two Case Studies from South-East Brazil
Scopus	Artigo de Conferência	Soil Erosion on Trails and the Role of Geoconservation in the Management of Conservation Units
ResearchGate	Artigo	Water Erosion Processes on the Geotouristic Trails of Serra da Bocaina National Park Coast
ResearchGate	Artigo	Assessment of Trail Erosion Under the Impact of Tourist Traffic in the Bucegi Mountains, Romanian Carpathians
Google Scholar	Artigo	Geoconservação em Parques Urbanos e Análise dos Processos Erosivos em Trilhas: O Caso do Parque Natural Municipal da Prainha - Rio de Janeiro
Periódicos CAPES	Artigo	Compactação e Erosão em Trilhas Geoturísticas de Parque do Quadrilátero Ferrífero e da Serra do Espinhaço Meridional
Periódicos CAPES	Artigo	Abordagem Sistêmica em Trilhas da Mata Atlântica: Geodiversidade e Geoética para o Atingimento dos ODS da Agenda 2030
ResearchGate	Monografia	Avaliação da Trilha Sahy-Rubião no Parque Estadual Cunhambebe em Mangaratiba - RJ
Google Scholar	Tese	Patrimônio Pedológico e Fatores Impactantes Ambientais nas Trilhas de Uso Público em Parques do Espinhaço Meridional
Google Scholar	Tese	Potencial Geoturístico e Estratégias de Geoconservação em Trilhas Situadas na Região Sul do Município de Ubatuba - SP

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Nesse contexto, autores como Jorge (2017) e Rangel e Guerra (2016) destacam que o pisoteio excessivo, a compactação do solo e a remoção da cobertura vegetal atuam como catalisadores do escoamento superficial e da formação de ravinas, convertendo as trilhas – originalmente concebidas como instrumentos de educação e valorização do patrimônio geológico e geomorfológico – em vetores de sua própria depreciação.

Os estudos realizados no Brasil no período entre 2015 - 2025 apresentaram-se em maior número, como mostra a Tabela 1, com a maioria dos estudos nas bases de dados como o *Google Scholar*, *ResearchGate* e Portal da CAPES Periódicos. Ao comparar todas as publicações, como são nacionais, existem mais pesquisas sobre Erosão em Trilhas em áreas tropicais. Portanto, com maior índice de pluviosidade e solos mais profundos é a causa da origem do grande número de estudos realizados em terras brasileiras (Guerra; Loureiro, 2023).

Tabela 1. Total de Publicações Nacionais e Internacionais.

	Google Scholar Nacionais	ResearchGate Internacionais
Trilhas Geoturísticas	2990	2101
Geoturismo em Trilhas	2216	1570
Geoconservação em Trilhas	2586	1360

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Dentre os estudos internacionais em erosão dos solos em trilhas, existe a predominância em países como China, Reino Unido, Romênia e Rússia. Os estudos, segundo a Tabela 1, possuem foco em artigos de Revista e artigos em Anais de Congressos.

Os resultados sistematizados na Tabela 1 evidenciam que o Brasil concentra o maior número de estudos sobre o tema no período de 2015 a 2025. Esse predomínio demonstra que as trilhas têm sido progressivamente incorporadas como ferramentas estratégicas para a educação ambiental, o monitoramento de processos geocientíficos e a valorização da biodiversidade em diferentes contextos territoriais. Observa-se que a expansão do uso recreativo e científico dessas trilhas acompanha o crescimento do turismo de natureza no país, o que amplia tanto o interesse acadêmico quanto as demandas de gestão ambiental.

Desse modo, alguns autores como, Jorge (2017) e Rangel e Guerra (2016), ao relacionar os impactos antrópicos e a aceleração dos processos erosivos, destacam a atuação do pisoteio, a perda de cobertura vegetal e o uso intensivo de trilhas. No entanto, Jorge e Rangel (2023), analisam um paradoxo, já que para as autoras, as trilhas são instrumentos de acesso e geoturismo, mas também são agentes de degradação, quando mal manejadas.

Além disso, ao relacionar com a Geodiversidade e a Geoconservação, Bregolin e Rudzewicz (2023) corroboram como o manejo inadequado de trilhas compromete não apenas a conservação do solo, mas também o Geoturismo. Os autores, simultaneamente, integram Geoturismo e sustentabilidade ao avaliar a trilha como laboratório a céu aberto em que formas de relevo e paisagem podem ser interpretados didaticamente.

Assim, a revisão sistemática demonstra que a erosão em trilhas é uma problemática complexa, que exige abordagens interdisciplinares e estratégias de manejo integradas. A literatura também aponta que soluções eficazes incluem um planejamento criterioso e ações de educação ambiental voltadas a visitantes e gestores.

Esses elementos, quando articulados, permitem que a trilha funcione como instrumento de geoturismo sustentável e de promoção da geoconservação, garantindo que o acesso ao patrimônio natural não comprometa sua integridade ao longo do tempo

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os textos analisados ofereceram embasamento teórico consistente e detalhado sobre a dinâmica dos processos erosivos, partindo dos mecanismos iniciais – como o impacto das gotas de chuva e a formação de *splash* – até estágios mais avançados, como a evolução de ravinas em trilhas. Esse arcabouço permite compreender como tais processos se instalam e se desenvolvem em ambientes de trilha, onde a ação antrópica e a susceptibilidade natural do terreno criam condições ideais para a aceleração da degradação.

Em síntese, a análise crítica dos textos possibilitou um olhar sobre a erosão, ao fornecer ferramentas metodológicas sólidas e aplicáveis, tanto para a investigação em campo, quanto para a análise em ambiente controlado. Os métodos apresentados para avaliação de parâmetros como erosividade, capacidade de infiltração e transporte de sedimentos mostraram-se diretamente adaptáveis ao estudo de trilhas, conferindo rigor analítico e possibilitando um diagnóstico preciso dos impactos morfogenéticos.

Dessa forma, evidencia-se uma conformidade entre o uso geoturístico e a conservação do patrimônio geológico, já que a trilha configura-se como um percurso científico e um laboratório ao ar livre. No entanto, a formação de processos erosivos e o manejo inadequado impede esta função podendo transformar a trilha em um exemplo de degradação ao comprometer a segurança dos visitantes, a estética da paisagem e a integridade dos geossítios.

Portanto, esta revisão aponta para a necessidade de futuras pesquisas que quantifiquem taxas de erosão específicas, em diferentes tipos de trilhas e geossistemas, e que avaliem a eficácia de técnicas de bioengenharia e manejo sustentável na redução de impactos. A integração contínua entre os estudos pedológicos, geomorfológicos e a gestão do geoturismo é fundamental para transformar as trilhas de vetores de degradação em efetivos instrumentos de educação, conservação e valorização da geodiversidade.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, A. T. S.; JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A. Soil erosion on trails and the role of geoconservation in the management of conservation units. **The 14th International Conference on Construction in th 21st Century (CITC –14)**, v. 1, p. 1-8, 2024.
- BREGOLIN, M., RUDZEWICZ, L. Vinculando Ciência e Turismo em territórios de Geoparques:o papel das comunidades no desenvolvimento do Turismo Científico. **Physis Terrae**, Vol. 5, nº 2-3, 77- (2023).
- BRILHA, J. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. **Geoheritage**, v. 8, n. 2, p. 119-134, 2016.
- CLAUDINO-SALES, V.; DINIZ, M. T. M.; DE ARAÚJO, I. G. D.; SÁ, A. C. D. S. We need climate

- in the geodiversity concept/Nós precisamos de clima no conceito de geodiversidade. **Margarida Penteado Revista de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, p. 1-4, 2025.
- COLE, D. N.; LANDRES, P. B. Indirect effects of recreation on wildlife. In:KNIGHT, R. L.; GUTZWILLER, K. J. (ed.). **Wildlife and recreationists: coexistence through management and research**. Washington: Island Press, p. 183-202, 1995.
- COSTA, N. M. C.; OLIVEIRA, F. L. Trilhas: “caminhos” para o geoturismo, a geodiversidade e a geoconservação. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O (Orgs.). **Geoturismo. Geodiversidade e Geoconservação: abordagens geográficas e geológicas**. Rio de Janeiro, Oficina de Textos, 1º edição, p.201–227, 2018.
- DA SILVA, A. B. T.; JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A. Geoconservação em parques urbanos e análise dos processos erosivos em trilhas: o caso do Parque Natural Municipal da Prainha–Rio de Janeiro. **Revista Ciência Geográfica**, v. 28, n. 1, p. 242-257, 2024.
- DE ALMEIDA RANGEL, L.; JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A. Geotourism and soil quality on trails within conservation units in south-east Brazil. **Geoheritage**, v. 11, n. 3, p. 1151-1161, 2019.
- FIGUEIREDO, M., A.; MARTINS, J. V. A; Erosão em trilhas e sua relação com o turismo em áreas protegidas: uma breve discussão. In: SUTIL, T; LADWIG, N. I; SILVA, J. G. S. da. **Turismo em áreas protegidas**. 2021.
- GRAY, M. **Broadening the definition of geodiversity by including atmosphere and oceans**. Abstract. OxGVC (Oxford Geoheritage Virtual Conference), 2025.
- GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, p. 17-56, 2005
- GUERRA, A. J. T. O papel dos solos sob a ótica do geoturismo, geodiversidade e geoconservação. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O (Orgs.). **Geoturismo. Geodiversidade e Geoconservação: abordagens geográficas e geológicas**. Rio de Janeiro, Oficina de Textos, 1º edição, p. 111–136. 2018.
- GUERRA, A. J. T.; O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, v. 339, p. 17-55, 1999.
- GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia – Uma Atualização de Bases e Conceitos**. 15º ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, p. 149-209, 2021.
- GUERRA, A. J. T.; BEZERRA, J. F. R.; JORGE, M. C. O. Recuperação de voçorocas e de áreas degradadas, no Brasil e no mundo - estudo de caso da voçoroca do Sacavém - São Luís - MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, p. 1-20, 2023.
- GUERRA, A. J. T; LOUREIRO, H. A. S. Erosão dos solos e movimentos de massa em áreas serranas da Mata Atlântica, nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo. In: LOUREIRO, H. A. S.; GUERRA, A. J. T (Orgs.) **Erosão em Áreas Tropicais**. Rio de Janeiro, Interciênciac, p. 1-43, 2023.
- GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A.; JORGE, M. C. O.; BEZERRA, J. F. R.; SHOKR, M.S. Slope Processes, Mass Movement and Soil Erosion: A Review. **Pedosphere**, v.27(1), p. 27–41, 2017.
- GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O.; RANGEL, L. A.; BEZERRA, J. F. R.; LOUREIRO, H. A. S.; GARRITANO, F. N. Erosão dos solos, diferentes abordagens e técnicas aplicadas em voçorocas e

- erosão em trilhas. **William Morris Davis Revista de Geomorfologia**, v. 1, p. 75-117, 2020.
- GYSSELS, G.; POESEN, J.; BOCHET, E.; LI, Y. Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. **Progress in physical geography**, v. 29, n. 2, p. 189-217, 2005.
- HAMMITT, W. E.; COLE, D. N.; MONZ, C. A. **Wildland recreation: ecology and**
HOSE, T. A. Três séculos (1670–1970) de apreciação de paisagens físicas. Sociedade Geológica, Londres, **Special Publications**, 417, 1-23, (2016)
- JORGE, M. C. O. **Potencial geoturístico e estratégias de geoconservação em trilhas situadas na região sul do município de Ubatuba–SP**. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Geografia) -Programa de Pós-Graduação em Geografia. 223p. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
- JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T. Geodiversidade, geoturismo e geoconservação: conceitos, teorias e métodos. **Revista Espaço Aberto**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 151-174, 2016.
- JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A. Geotourism, Geodiversity and Geoconservation in Ubatuba Municipality, São Paulo State, Brazil. **Geography Review**, v. 29, p. 23-29, 2016.
- JORGE, M. C. O.; RANGEL, L. A. Erosão em Trilhas: Potencialidades e Desafios para Uso Público Sustentável. In: LOUREIRO, H. A. S.; GUERRA, A. J. T (Orgs.) **Erosão em Áreas Tropicais**. Rio de Janeiro, Interciência, p. 117-147, 2023.
- JORGE. M. C. O.; GUERRA, A. J. T. Erosão dos Solos e Movimentos de Massa – Recuperação de Áreas Degradadas com Técnicas de Bioengenharia e Prevenção de Acidentes. In: JORGE. M. C. O.; GUERRA, A. J. T (Orgs.). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo, Oficina de Textos, p. 7–30, 2013.
- LECHNER, L. Planejamento, implantação e manejo de trilhas em unidades de conservação. **Cadernos de Conservação**. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza 3: 1-123, 2006.
- LEPSCH, I. **19 lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- LEUNG, Y; MARION, J. L. Trail degradation as influenced by environmental factors: A state-of-the-knowledge review. **Journal of soil and water conservation**, v.51, n. 2, p. 130-136, 1996.
- LIMA, G. M. D., GUERRA, A. J. T., RANGEL, L. D. A., BOOTH, C. A., FULLEN, M. A. Water Erosion Processes on the Geotouristic Trails of Serra da Bocaina National Park Coast, Rio de Janeiro State, Brazil. **Soil Systems**, 8 (1), 24, 2024.
- MARION, J. L.; WIMPEY, J. Avaliando a influência do projeto e da manutenção sustentáveis de trilhas na perda de solo. **Journal of Environmental Management**, v. 189, p. 46-57, 2017.
- MOREIRA, J. C. **Geoturismo e interpretação ambiental**. (1^a ed.) Ponta Grossa: Editora UEPG – (2014).
- NASCIMENTO, M.A.L. do; MANSUR, K. L.; MOREIRA, J.C. Bases conceituais para entender geodiversidade, patrimônio geológico, geoconservação e geoturismo. **Revista Equador**, v. 4, n. 3, p. 48-68, 2015.
- NEIMAN, Z.; CARDOSO-LEITE, E; PODADERA, D. S. Planejamento e implantação participativos de programas de interpretação em trilhas na “RPPN Paiol Maria”, Vale do Ribeira – SP. **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 11-34, 2009.
- OLIVE, N. D.; MARION, J. L. The influence of use-related, environmental, and managerial factors on soils loss from recreational trails. **Journal of Environmental Management**, v. 90, p. 1483-1493, 2009.
- OLIVEIRA, F. L. **Diversidade Geológico-Geomorfológica do Parque Natural Municipal de Nova Iguaçu** (Rio de Janeiro): bases para o planejamento ambiental no contexto da geoconservação. 269

- f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, (2017).
- RANGEL, L. A.; GUERRA, A. J. T. Análise dos processos erosivos na trilha da cachoeira do pontal localizada no Parque Nacional da Serra da Bocaina, Vila de Trindade, município de Paraty – RJ. *Anais[...]*. XI SINAGEO, Maringá – 15 a 21 de setembro. 2016.
- RANGEL, L. A.; JORGE, M. C.; GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A. Soil Erosion and Land Degradation on Trail Systems in Mountainous Areas: Two Case Studies from South-East Brazil. *Soil Systems*, v. 3, n. 3, p. 56-70, 2019a.
- UNITED STATES. BUREAU OF PLANT INDUSTRY; SOILS; AGRICULTURAL ENGINEERING. *Soil survey manual*. US Government Printing Office, 1951.
- VIEIRA, A.; BENTO-GONÇALVES, A. “Soil degradation and conservation: A general overview”. In *Soil Conservation: Strategies, Management and Challenges*, New York, Estados Unidos: **Nova Science Publishers**, Inc., 2021.p. 1-30.