

Utilização do Equipamento de Inderbitzen na Avaliação da Erodibilidade dos Solos em Diferentes Áreas do Conhecimento

Gustavo Leone Marasco Alves

Estudante, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, gustavo.leone@estudante.ufjf.br

Karolyne dos Santos Balbino Cordeiro

Estudante, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, karolyne.santos@estudante.ufjf.br

Tatiana Tavares Rodriguez

Professora, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, tatiana.rodriguez@ufjf.br

Ana Maria Stephan

Professora, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, ana.stephan@ufjf.br

RESUMO: As regiões tropicais registram elevados índices pluviométricos, intensificando os processos de erosão hídrica, especialmente entre dezembro e março. No Brasil, esse fenômeno é agravado por ações antrópicas, como o desmatamento e o uso inadequado do solo. Para mensurar a erodibilidade, destaca-se o ensaio de Inderbitzen, desenvolvido em 1961 e posteriormente modificado. Este estudo tem como objetivo identificar e quantificar as versões mais utilizadas desse equipamento em diferentes áreas do conhecimento, como Geografia, Geologia, Agronomia, Engenharia Civil, Engenharia Agrícola e Engenharia Sanitária e Ambiental. Para isso, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com base em artigos de acesso aberto disponíveis no Portal de Periódicos da CAPES. Os resultados mostram que o modelo padrão, voltado à avaliação da erosão por escoamento superficial laminar, é o mais empregado, enquanto versões modificadas com simuladores de chuva têm sido aplicadas em estudos experimentais. A Engenharia Civil concentrou a maior parte das publicações, evidenciando a importância da caracterização da erodibilidade em projetos de infraestrutura rodoviária, estruturas de mineração e aterros sanitários. Por fim, o trabalho reforça a relevância do ensaio de Inderbitzen como ferramenta de apoio à prevenção da erosão, ao planejamento territorial e à segurança de obras geotécnicas e agrícolas.

PALAVRAS-CHAVE: Erodibilidade, Inderbitzen, Solos Tropicais.

ABSTRACT: Tropical regions experience high rainfall rates, especially between December and March, which intensifies water erosion processes. In Brazil, this phenomenon is exacerbated by anthropogenic actions such as deforestation and improper land use. To measure soil erodibility, the Inderbitzen test stands out, originally developed in 1961 and later modified. This study aims to identify and quantify the most commonly used versions of this equipment across different fields of knowledge, such as Geography, Geology, Agronomy, Civil Engineering, Agricultural Engineering, and Sanitary and Environmental Engineering. To this end, a Systematic Literature Review (SLR) was carried out based on open-access articles available on the CAPES Journal Portal. The results show that the standard model, aimed at evaluating erosion caused by superficial laminar flow, is the most widely used, while modified versions with rainfall simulators have been applied in experimental studies. Civil Engineering accounted for the majority of publications, highlighting the importance of soil erodibility characterization in road infrastructure projects, mining structures, and sanitary landfills. Finally, the study reinforces the relevance of the Inderbitzen test as a tool to support erosion prevention, land use planning, and the safety of geotechnical and agricultural works.

KEYWORDS: Erodibility, Inderbitzen, Tropical Soils.

1 INTRODUÇÃO

Sob o ponto de vista da engenharia geotécnica, os processos erosivos mais importantes são compreendidos a partir do destacamento e carreamento das partículas de solo por conta da ação de agentes erosivos (Mascarenha *et al.*, 2023). A propriedade do solo relacionada à erosão é denominada de erodibilidade e definida como “[...] resistência do solo em ser removido e transportado” (Stein; Machado e Floriano, 2017,

p. 153), sendo influenciada por outras propriedades do solo como granulometria, densidade aparente, porosidade, teor de matéria orgânica, pH, estabilidade de agregados e permeabilidade. No caso do agente água pluvial, tem-se a erosão hídrica que é capaz de acarretar alterações no terreno e gerar diversos empecilhos ao desenvolvimento de atividades que dependem do solo como material primário (Lense, 2024). A erosão hídrica pode dar origem a feições erosivas, como sulcos, ravinas e até voçorocas, sendo essa última a de maior impacto ambiental e que impede ou dificulta a ocupação da área afetada, além de caracterizar um processo de enorme dificuldade de recuperação das áreas erodidas (Santos; Sobreira; Coelho Neto, 2002; Stein; Machado e Floriano, 2017).

Diversas áreas do Brasil enfrentam significativas perdas de solo em decorrência da erosão hídrica. Por mais que seja um processo natural (erosão geológica), esse fenômeno pode ser acelerado (erosão antrópica) por ações como o desmatamento, mudanças no uso e cobertura do solo, dinâmica exploratória constante de uso da terra, por práticas agrícolas inadequadas, e outras (Stein; Machado e Floriano, 2017; Lense, 2024; Guerra e Jorge, 2025). Dentre esses fatores, com respeito às voçorocas, destaca-se a importância de estudar e compreender a erodibilidade dos solos com vistas a execução de medidas de interrupção do fenômeno erosivo e de recuperação de áreas degradadas. Para tal, pode-se empregar métodos empíricos, ensaios laboratoriais (diretos ou indiretos) e ensaios de campo (Alves, 2022). Alguns ensaios evidenciados por Mascarenha *et al.* (2023) são: *crumb test*; ensaio sedimentométrico comparativo; ensaio de furo de agulha (*pinhole test*); ensaio de desagregação; ensaio de adsorção e perda de massa por imersão; ensaio de estabilidade de agregado; ensaio de compressão diametral; e, o ensaio de Inderbitzen.

O modelo original proposto por Inderbitzen, em 1961, consiste em uma rampa com determinada inclinação de interesse com orifício para inserção do corpo de prova a ser ensaiado, que ao submeter-se uma vazão conhecida à superfície desse corpo de prova é possível quantificar a perda de solo ao longo tempo (Mascarenha *et al.*, 2023). No entanto, o aparato original utilizado no ensaio é limitado no fato de levar em consideração apenas a erosão por escoamento superficial. Dessa forma, modificações foram propostas nas dimensões da rampa, formato do corpo de prova, utilização de outros aparatos, entre outras (Fácio, 1991; Santos, 1997; Lafayette, 2006; Aguiar, 2009; Gonçalves e Silva, 2019; Oliveira *et al.*, 2021 e Bezerra, 2022 *apud* Mascarenha *et al.*, 2023). Além disso, Freire (2001) propôs um simulador de chuva ao ensaio, visando levar em consideração o efeito da erosão por salpicamento das gotas de chuva.

Considerando as modificações propostas para o equipamento de Inderbitzen e sua importância na estimativa da erodibilidade dos solos, o presente estudo busca, através de pesquisa exploratória, identificar e quantificar os equipamentos de Inderbitzen que têm sido mais utilizados nas diversas áreas do conhecimento como Geografia, Geologia, Agronomia, Engenharia Civil, Engenharia Agrícola e Engenharia Ambiental e Sanitária.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

As regiões tropicais são acometidas por altos índices pluviométricos, principalmente no período de dezembro a março, consequentemente a erosão hídrica é muito intensa nessas regiões. Esse tipo de erosão pode ser subdividida em interna e superficial. A erosão hídrica interna é causada por conta do gradiente hidráulico elevado e da dispersibilidade dos solos, enquanto a erosão hídrica superficial está relacionada ao impacto e escoamento superficial de água no solo (Mascarenha *et al.*, 2023). Tratando-se da erosão hídrica superficial, essa engloba três processos fundamentais a saber: destacamento de partículas dos solos por meio do impacto da gota de chuva na superfície do solo; destacamento de partículas dos solos por meio das tensões de atrito do escoamento superficial; e, transporte de partículas pelo escoamento superficial (Stein; Machado e Floriano, 2017; Mascarenha *et al.*, 2023).

Em primeira instância, a erosão superficial pode ser classificada em laminar, visto a sua capacidade de arraste do solo, podendo evoluir a uma erosão superficial linear, caracterizando uma feição erosiva, como os sulcos, ravinas e voçorocas. A quantidade em volume carregada de material sólido é dependente de fatores naturais como, intensidade da chuva, declividade do terreno, capacidade de infiltração do solo, entre outros (Stein; Machado e Floriano, 2017; Mascarenha *et al.*, 2023).

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa adotou a abordagem de Revisão Sistemática da Literatura (RSL) como método de investigação, conforme caracterizada por Galvão e Ricarte (2019), entendendo essa modalidade como uma

pesquisa científica com objetivos próprios, critérios metodológicos rigorosos e foco na reprodutibilidade. A RSL permite identificar, avaliar e sintetizar estudos relevantes sobre uma questão delimitada, promovendo maior transparência e evidência científica nos resultados obtidos.

A questão central que orientou esta revisão sistemática foi: "Quais as versões do equipamento de Inderbitzen têm sido mais utilizadas na avaliação da erodibilidade dos solos e em quais áreas do conhecimento científico?". Essa pergunta foi estruturada com base na adaptação da estratégia PICO, em que o problema investigado envolveu solos brasileiros, a intervenção consistiu na aplicação do equipamento de Inderbitzen em suas diferentes versões (padrão, modificado ou combinado), não sendo aplicável uma comparação direta entre tratamentos, e o desfecho da análise se concentrou na frequência de uso e nos contextos científicos em que os equipamentos foram empregados.

A busca pelos estudos foi realizada por meio do Portal de Periódicos da CAPES, uma plataforma que concentra diversas bases científicas de acesso institucional. Foram utilizadas duas expressões principais: "erodibility AND Inderbitzen" e "erodibilidade AND Inderbitzen", ambas sem restrição de período. A primeira resultou em nove artigos e a segunda em vinte e quatro, totalizando trinta e três trabalhos encontrados.

Os critérios de inclusão adotados priorizaram estudos realizados em solos brasileiros e que apresentassem descrição explícita do equipamento de Inderbitzen em seu corpo textual. Por outro lado, foram excluídos trabalhos cuja localização geográfica não se referisse ao Brasil, documentos sem acesso aberto e publicações duplicadas. Após a aplicação desses critérios, foram selecionados vinte e sete estudos para análise.

Em seguida à seleção final, foram extraídas informações essenciais de cada estudo, incluindo autoria, ano de publicação, tipo de equipamento de Inderbitzen utilizado e área do conhecimento. A classificação da área do conhecimento considerou, prioritariamente, a formação acadêmica do primeiro autor e na ausência dessa informação, recorreu-se à formação dos autores subsequentes como critério auxiliar de categorização. Destaca-se que o equipamento de Inderbitzen padrão, que utiliza uma rampa hidráulica para estimativa da erosão dos solos, foi identificado na Tabela 1 como "Padrão", já o equipamento que incorpora um sistema de simulação de chuva por meio do gotejamento de água foi classificado como "Modificado". Em um único estudo, observou-se o uso combinado de ambas as abordagens, sendo este identificado como "Combinado". A Tabela 1 apresenta a consolidação dos estudos selecionados e os respectivos critérios de categorização adotados. A sistematização desses dados possibilitou a realização de análises quantitativas e qualitativas, cujos resultados são discutidos na seção seguinte.

Tabela 1. Estudos selecionados para a revisão sistemática da literatura.

Autor(es) e ano de publicação	Área do conhecimento	Inderbitzen utilizado
Bastos, Gehling e Milititsky (2001)	Engenharia Civil	Padrão
Santos, Sobreira e Coelho Neto (2002)	Geografia	Padrão
Koetz (2003)	Engenharia Agrícola	Padrão
Chuquipiondo (2007)	Engenharia Civil	Padrão
Aguiar (2009)	Engenharia Civil	Modificado
Fernandes (2011)	Engenharia Civil	Padrão
Ribeiro <i>et al.</i> (2013)	Agronomia	Padrão
Basso (2013)	Engenharia Civil	Padrão
Dias (2014)	Engenharia Civil	Padrão
Fonseca <i>et al.</i> (2016)	Engenharia Civil	Padrão
Soares <i>et al.</i> (2018)	Engenharia Civil	Modificado
Ceccato (2018)	Geologia	Padrão
Moreira e Polivanov (2018)	Geologia	Modificado
Venturini (2019)	Engenharia Civil	Padrão
Nascimento <i>et al.</i> (2019)	Engenharia Civil	Padrão
Vieira, Rodriguez e Barra (2019)	Engenharia Civil	Modificado
Silva <i>et al.</i> (2020)	Engenharia Civil	Padrão
Soares <i>et al.</i> (2022)	Agronomia	Modificado
Pinheiro <i>et al.</i> (2022)	Engenharia Civil	Padrão
Campos (2022)	Engenharia Civil	Padrão
Alves (2022)	Engenharia Civil	Modificado
Ribeiro <i>et al.</i> (2022)	Engenharia Sanitária e Ambiental	Padrão

Autor(es) e ano de publicação	Área do conhecimento	Inderbitzen utilizado
Guimarães <i>et al.</i> (2022)	Engenharia Civil	Combinado
Santos e Paiva (2022)	Engenharia Civil	Padrão
Santos e Silva Filho (2023)	Geografia	Modificado
Stresser e Passini (2023)	Engenharia Civil	Padrão
Aguiar <i>et al.</i> (2024)	Geografia	Padrão

4 RESULTADOS E ANÁLISE

A partir da RSL e da análise dos dados apresentados na Tabela 1, organizaram-se as informações referentes à quantidade de artigos selecionados por área do conhecimento e à frequência de uso de cada tipo de equipamento de Inderbitzen. Além disso, foi realizada uma análise temporal considerando os anos de publicação dos estudos. Para representar esses dados de forma integrada, elaborou-se a Figura 1, a qual consolida graficamente a distribuição das publicações ao longo do tempo, discriminando tanto a área do conhecimento quanto o tipo de equipamento empregado.

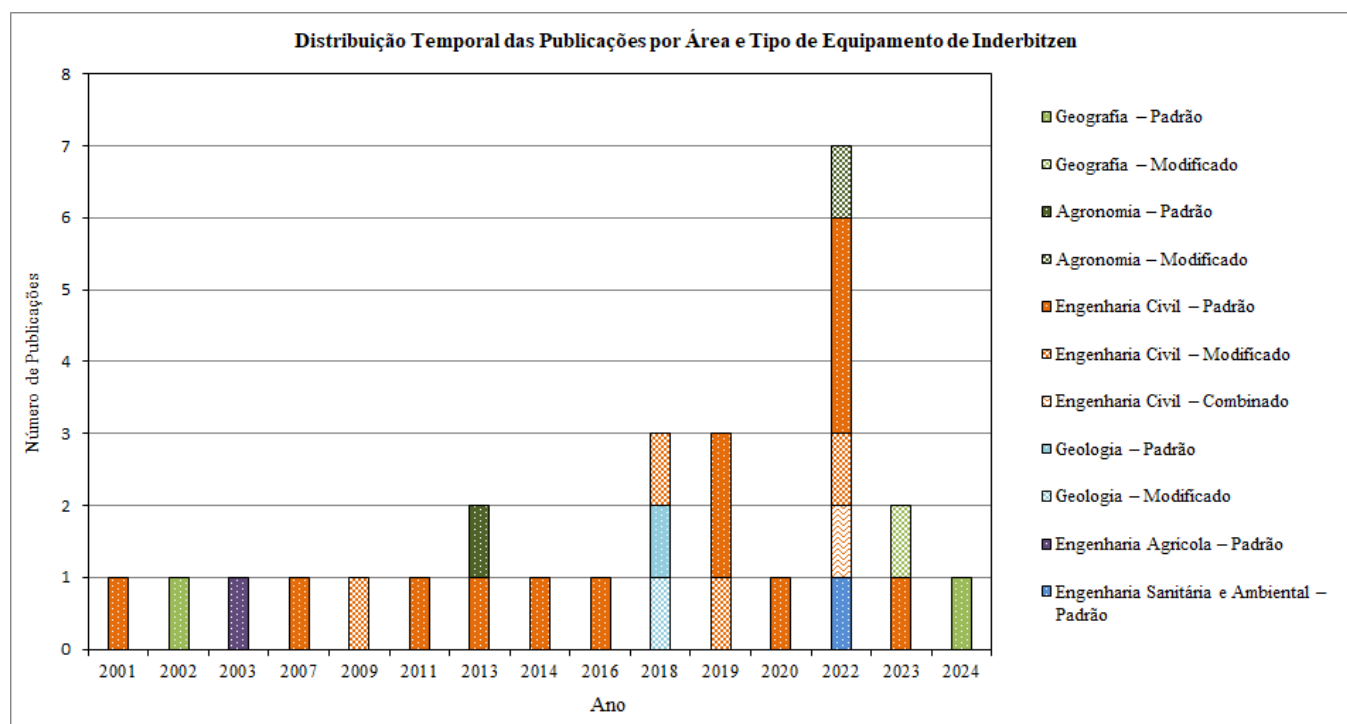


Figura 1. Análise da utilização dos diferentes tipo de Inderbitzen nas áreas do conhecimento selecionadas e ano de publicação.

4.1 Análise considerando as áreas do conhecimento

A Engenharia Civil destacou-se como a área do conhecimento com a maior quantidade de trabalhos que evidenciaram a utilização do Equipamento de Inderbitzen, com 18 dos 27 artigos analisados. Essa predominância pode ser atribuída à atuação direta dos engenheiros civis com a estabilidade de solos em contextos como obras de infraestrutura rodoviária e ferroviária, estruturas de mineração e aterros sanitários, nos quais compreender a erodibilidade dos solos é fator crucial para garantir a segurança e durabilidade das soluções projetadas. É válido ponderar que a maior representatividade da Engenharia Civil pode também estar relacionada à própria estrutura da base consultada, que pode reunir um número maior de periódicos na área de Engenharia em comparação a outras áreas do conhecimento, influenciando na distribuição dos artigos encontrados. Ainda assim, observou-se a presença de estudos relevantes em áreas como Geografia, Geologia, Agronomia, Engenharia Agrícola e Engenharia Sanitária e Ambiental, evidenciando a importância de compreender os processos de erosão em múltiplos contextos ambientais, como bacias hidrográficas e zonas de extração mineral.

4.2 Análise dos tipos de equipamento de Inderbitzen utilizados

Tratando-se dos tipos de equipamento utilizados, o Inderbitzen padrão destacou-se em todas as áreas do conhecimento, sendo utilizado em 19 dos artigos analisados. Isso indica que ainda há uma preferência significativa pelo estudo da erodibilidade dos solos considerando o escoamento superficial laminar da água. Uma hipótese que pode explicar essa predominância é a maior simplicidade de aplicação e estimativa da erodibilidade dos solos quando se utiliza o equipamento padrão, além de sua ampla aceitação na literatura técnica. Já o equipamento modificado foi utilizado em 7 artigos estudados, podendo ser mais indicado em situações que se deseja entender o impacto das chuvas sobre a superfície do solo. A utilização do equipamento combinado foi identificada em apenas um estudo, sugerindo que essa estratégia ainda é pouco abordada, embora possa trazer benefícios em determinadas situações, como apresentado no artigo de Guimarães *et al.* (2022) sobre tratamento de solos degradados com lodo de tratamento de esgotos sanitários.

4.3 Análise temporal dos resultados obtidos

Considerando-se uma análise temporal, nota-se uma concentração maior de publicações entre os anos de 2011 e 2024, com picos significativos em 2022 e 2023. Esses picos podem refletir o aumento da preocupação com os impactos da erosão em ambientes naturais e urbanos, o avanço das pesquisas em engenharia geotécnica, a maior divulgação da técnica de ensaio no país e a diversificação nas aplicações do equipamento de Inderbitzen. Cabe destacar que a menor frequência de publicações em anos anteriores a 2011 pode estar relacionada, em parte, à menor cobertura ou indexação de artigos mais antigos na base de dados utilizada. Observa-se também que, embora a Engenharia Civil tenha mantido sua predominância ao longo do tempo, áreas como Geografia, Agronomia e Engenharia Sanitária e Ambiental passaram a incorporar o uso do equipamento em anos mais recentes, sugerindo uma expansão interdisciplinar do método. Essa evolução temporal revela uma tendência de crescimento na utilização do ensaio de Inderbitzen, especialmente em contextos experimentais mais complexos. A incorporação de diferentes versões do equipamento por áreas diversas indica um amadurecimento técnico e científico na avaliação da erodibilidade dos solos, o que reforça a relevância do tema no enfrentamento de processos erosivos em múltiplas escalas e cenários.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho, foram identificados três tipos principais de equipamento Inderbitzen: Padrão, Modificado e Combinado. O tipo Padrão foi o mais recorrente, aparecendo em cerca de 70% dos artigos analisados, seguido do Modificado (26%) e do Combinado, presente em apenas um estudo. Essa prevalência do equipamento padrão pode ser explicada por sua simplicidade operacional e maior consolidação metodológica, sobretudo em estudos voltados à análise da erosão por escoamento superficial laminar. Observou-se que o tipo Padrão foi utilizado em todas as áreas do conhecimento contempladas, o que evidencia sua ampla aplicabilidade. Já o Modificado e o Combinado apareceram com mais frequência em contextos experimentais ou voltados à simulação de chuva, demonstrando que adaptações do equipamento têm sido exploradas em investigações mais específicas.

A Engenharia Civil destacou-se com cerca de 67% dos artigos, o que pode estar relacionado à necessidade de caracterizar a erodibilidade dos solos para o planejamento de obras de infraestrutura como estradas, barragens, taludes e aterros. No entanto, também foram identificados trabalhos em áreas como Geografia, Agronomia, Geologia, Engenharia Agrícola e Engenharia Sanitária e Ambiental, reforçando o caráter interdisciplinar da temática. É válido ponderar que essa predominância da Engenharia Civil pode ser influenciada, ao menos parcialmente, pela maior representatividade de periódicos dessa área na base de dados utilizada, o que pode favorecer a visibilidade de estudos da engenharia em relação a outras disciplinas.

A análise temporal evidenciou um aumento no número de publicações a partir de 2011, com destaque para os anos de 2022 e 2023, que registraram os maiores picos. Esse crescimento pode estar associado ao aumento da preocupação com processos erosivos em áreas urbanas e rurais, bem como ao avanço das pesquisas em geotecnia, ciências ambientais, uso sustentável do solo e maior divulgação da técnica no país. Ressalta-se ainda que a menor frequência de publicações em anos anteriores pode estar relacionada à cobertura limitada ou à menor indexação de estudos mais antigos na base de dados consultada, e não necessariamente a uma baixa utilização do equipamento nesse período. Também foi possível perceber que áreas do conhecimento que até

então não utilizavam o equipamento passaram a empregá-lo em anos mais recentes, revelando uma expansão na adoção do ensaio de Inderbitzen por diferentes campos científicos.

Embora os resultados obtidos tenham sido representativos para os objetivos propostos, é importante reconhecer que a pesquisa se baseou exclusivamente em publicações de acesso aberto disponíveis no Portal de Periódicos da CAPES, o que pode ter limitado parcialmente o alcance da revisão. Para estudos futuros, recomenda-se a ampliação das bases de dados consultadas, a fim de obter uma visão ainda mais abrangente sobre a aplicação do equipamento de Inderbitzen em diferentes contextos científicos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a UFJF pelo ensino gratuito e de qualidade, e ainda ao apoio do Programa de Educação Tutorial da Engenharia Civil (PET Civil UFJF) financiado pelo Ministério da Educação (MEC).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, T.C., Nunes, D.D., Watanabe, M., Thomaz, E.L., Nunes, A.C.S., Augusto, A.R. (2024) Influence of forest-pasture conversion on the erodibility of a dystrophic red yellow latosol with different deforestation temporalities in the southwestern Amazon. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 17 (3), p.1921–1941. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/258532/46818>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Aguiar, V.G. (2009) *Bacia hidrográfica do córrego Granada – Aparecida de Goiânia – GO: os processos erosivos e a dinâmica espacial urbana*. Dissertação (Mestrado em Geotecnia e Construção Civil). Universidade Federal de Goiás, Goiânia. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstreams/7daa6837-7190-4d4b-9233-8ac58a04d6dc/download>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Alves, E.C. (2022) Proposta de mudança do ensaio Inderbitzen empregando solos do cerrado goiano com diferentes densidades. *Acta Geográfica*, 16 (42), p.15–38. DOI: <https://doi.org/10.18227/2177-4307.acta.v16i42.6474>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Basso, L. (2013) *Estudo da erodibilidade de solos e rochas sedimentares de uma voçoroca na cidade de São Francisco de Assis – RS*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7821/BASSO%2c%20LUCIANA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Bastos, C.A.B., Gehling, W.Y.Y., Milititsky, J. (2001) Estudo sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados a partir de propriedades geomecânicas. *Teoria e Prática na Engenharia Civil*, (2), p.9–18. Disponível em: <https://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/1422/Estudo%20sobre%20a%20erodibilidade%20de%20solos%20residuais%20n%20E3o%20saturados%20a%20partir%20de%20propriedades%20geomec%C3%A2nicas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Bezerra, J. DA S., (2022), *Análise do processo erosivo de uma encosta no bairro de Bom Jesus- Ilha de Itamaracá/PE*. Tese de Doutorado, UFPE, 267 pp. *apud* Mascarenha et al. (2023)
- Campos, C.J.M. (2022) *Avaliação da erodibilidade pelo método Inderbitzen em solo não saturado da região de Bauru – SP*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia de Bauru, Bauru. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/2a597571-6a89-4603-8f2c-77d32d84f9b6>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Ceccato, H.D. (2018) *Processo erosivo: estudo de caso da estrada de acesso a Cascata do Salso – Caçapava do Sul, RS*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia). Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul. Disponível em: <https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/rii/3774/1/Haline%20Dugolin%20Ceccato%20-%202018.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Chuquipiondo, I.G.V. (2007) *Avaliação da estimativa do potencial de erodibilidade de solos nas margens de cursos de água: estudo de caso trecho de vazão reduzida Capim Branco I, Araguari, Minas Gerais*. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUDB8AUNNY/1/avalia_o_de_m_todos_para_a_estimativa.pdf. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Dias, M.C.C. (2014) *Viabilidade do uso de solo tropical e resíduo de construção civil em sistemas de cobertura de aterro sanitário*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

- Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/teseserver/api/core/bitstreams/7aa00288-a323-45e5-926c-a0cc1a267a5f/content>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Fácio, J.A. (1991). *Proposição de uma metodologia de estudo da erodibilidade dos solos do Distrito Federal. Dissertação de Mestrado*. UnB, 122 pp. *apud* Mascarenha et al. (2023)
- Fernandes, J.A. (2011) *Estudo da erodibilidade de solos e rochas de uma voçoroca em São Valentim, RS. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)*. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7774/FERNANDES%2c%20JOZELIA%20ASSUNCAO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Fonseca, L.A.M., Lani, J.L., Fernandes Filho, E.I., Marques, E.A.G., Ferreira, W.P.M. (2016) Avaliação da erodibilidade de um cambissolo de Juiz de Fora, Minas Gerais. *Geotecnia*, (136), p.143–156. Disponível em: <https://impactum-journals.uc.pt/geotecnia/article/view/10388/7563>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Freire, E.P. (2001) Ensaio Inderbitzen modificado: um novo modelo para avaliação do grau de erodibilidade do solo. In: *Simpósio Nacional de Controle de Erosão*, 7, Goiânia. Meio Digital, 2011, p.1–8.
- Galvão, M.C.B., Ricarte, I.L.M. (2019/2020) Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. *Logeion: Filosofia da Informação*, 6 (1), p.57,73. Disponível em: <https://doi.org/10.21728/logcion.2019v6n1.p57-73>. Acesso em: 6 jul. 2025.
- Gonçalves, L. G.; Silva, P. B (2019). Proposta de desenvolvimento e execução de equipamento Inderbitzen Modificado para avaliação de erodibilidade do solo. *Revista Científica de Pesquisa Aplicada à Engenharia*. 2019. *apud* Mascarenha et al. (2023)
- Guerra, A.J.T., Jorge, M.C.O. (2025) *Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas*. Porto Alegre: Oficina de Texto. E-book. ISBN 9788579751066.
- Guimarães, A.G., Rocha, B.R., Santos, F.N., Cavalheiros, H.C. (2022) Estudo da erodibilidade de solos degradados com lodo de tratamento de esgotos sanitários através do ensaio de Inderbitzen combinado. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (COBRAMSEG), 20, Campinas. *Anais [...]*. Campinas: ABMS. DOI: <https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/cobramseg.2022.0007>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Koetz, M. (2003) *Métodos para a determinação da erodibilidade e da tensão crítica de cisalhamento do solo em estradas não pavimentadas*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. Disponível em: <https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/463eae64-c61a-4185-92b5-98ba414cb4ac/content>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Lafayette, K.P.V. (2006). *Estudo geológico-geotécnico do processo erosivo em encostas no Parque Metropolitano Armando de Holanda Cavalcanti - Cabo de Santo Agostinho/PE*. Tese de Doutorado.. Universidade Federal de Pernambuco, 358p. *apud* Mascarenha et al. (2023)
- Lense, G.H.E. (2024) *Modelagem das perdas de solo por erosão hídrica em áreas tropicais brasileiras*. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG. Disponível em: <http://bdtd.unifal-mg.edu.br:8080/handle/tede/2418>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Mascarenha, M.M.A., Mahler, C.F., Lafayette, K.P.V., Nacinovic, M.G.G., Bandeira, A.P.N., Almeida, J.G.R. (2023) Solos não saturados no contexto geotécnico. In: Carvalho, J.C., et al. (Org.). *Solos não saturados no contexto geotécnico*. São Paulo: ABMS, Cap.24, p.826–865. ISBN 978-65-992098-3-3.
- Moreira, R.F., Polivanov, H. (2018) Potencial erosivo de perfil de solo de talude de corte através de ensaios de Inderbitzen. *Geo UERJ*, (32), e32158. DOI: <https://doi.org/10.12957/geouerj.2018.32158>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Nascimento, R.O., Oliveira, L.M., Mascarenha, M.M.A., Angelim, R.R., Oliveira, R.B., Sales, M.M., Luz, M.P. (2019) Uso de solução de cal para mitigação de processos erosivos em um solo da UHE de Itumbiara. *Geociências (UNESP)*, 38 (1), p.279–295. Acesso em: 29 jun. 2025
- Oliveira, V. N.; Gitirana, G. F. N.; Mascarenha, M. M.A; Sales, M. M.; Varrone, L. F. R.; Da Luz, M; P (2021); An Enhanced Flume Testing Procedure for the Study of Rill Erosion. *Water*, 13(21), 2956; <https://doi.org/10.3390/w13212956> *apud* Mascarenha et al. (2023)
- Pinheiro, R.J.B., Nummer, A.V., Fernandes, L.P., Bastos, C.A.B. (2022) Erodibilidade obtida por métodos indiretos e diretos de uma voçoroca localizada na região oeste do estado do Rio Grande do Sul – Brasil.

- Geotecnia*, (154), p.25–46. Disponível em: https://doi.org/10.14195/2184-8394_154_2. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Ribeiro, A.I., Gonzalez, L.F., Longo, R.M., Medeiros, G.A., Rosa, A.H., Lourenço, R.W., Fengler, F.H. (2013) Soil erodibility assessment in a pasture and forest remnant using the Inderbitzen device. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 170, p.49–55. DOI: <https://doi.org/10.2495/FENV130051>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Ribeiro, L.S.O.P., Kühn, V.O., Carvalho, J.L.V., Moraes, S.C.J. (2022) Análise da erodibilidade de um solo da região Oeste da Bahia utilizando equipamento Inderbitzen. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (COBRAMSEG), 20, Campinas. *Anais [...]*. Campinas: ABMS. DOI: <https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/cobramseg.2022.103>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Santos, C.A., Sobreira, F.G., Coelho Neto, A.L. (2002) Comportamento hidrológico superficial e erodibilidade dos solos da região de Santo Antônio do Leite, Distrito de Ouro Preto – MG. *REM: Revista Escola de Minas*, 55 (4), p.285, 290. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rem/a/PvZf5HSTMNRVTVDK8KgVwFJ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Santos, dos R.M.M. (1997). *Caracterização geotécnica e análise do processo evolutivo das erosões no Município de Goiânia*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil, 138 p. *apud* Mascarenha *et al.* (2023)
- Santos, M.A.F., Paiva, C.F.E. (2022) Análise da erodibilidade de solos tropicais da região do Grande ABC por meio do emprego do ensaio de Inderbitzen. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (COBRAMSEG), 20, Campinas. *Anais [...]*. Campinas: ABMS. DOI: <https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/cobramseg.2022.0445>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Santos, S.L.M., Silva Filho, E.P. (2023) Direct determination of erodibility in different forms of slopes in the Belmont Stream Basin in Porto Velho – Rondônia – Brazil. *Revista Foco*, 16 (1), e670, p.1–26. DOI: <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n1-023>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Silva, T.O., Pitanga, H.N., Dias Neto, S.L.S., Ferraz, R.L., Paes, B.S.T. (2020) Potencial erosivo de solos tropicais a partir de ensaios geotécnicos de avaliação direta e indireta. *Geociências (São Paulo)*, 39 (2), p.573,584. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/13886/11715>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Soares, D.L., Polivanov, H., Barroso, E.V., Motta, L.M.T.G., Souza, C.C. (2018) *Erodibilidade de solos em taludes de corte de estrada não pavimentada*. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, 41 (1), p.179–193. DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2018_1_179_193. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Soares, R.A., Ferreira, L.A., Vieira, M.A.S., Lima, R.G., Oliveira, L.M. (2022) Erodibilidade de Neossolo Litólico pelo ensaio de Inderbitzen modificado e eficiência de blocos de solo-cimento para controle da erosão hídrica. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 27 (4), p.731–739. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220210099>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Stein, R.T., Machado, V.S., Floriano, C. (2017) *Recuperação de áreas degradadas*. Porto Alegre: SAGAH. E-book. ISBN 9788595021372.
- Stresser, C., Passini, L.B. (2023) Soil erodibility rates through a hydraulic flume erosometer: test assembly and results in sandy and clayey soils. *Open Journal of Civil Engineering*, 13, p.155–170. DOI: <https://doi.org/10.4236/ojce.2023.131011>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Venturini, J. (2019) Avaliação do efeito da adição de raízes na erodibilidade de um solo arenoso. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/18782/DIS_PPGEC_2019_VENTURINI_JESSICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 29 jun. 2025.
- Vieira, L.H., Rodriguez, T.T., Barra, M.F.W. (2019) Erodibilidade de solos residuais de feição erosiva e mecanismo de propagação. *Brazilian Journal of Development*, 5 (12), p.30585–30599. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n12-175>. Acesso em: 29 jun. 2025.