



DEGRADAÇÃO DOS SOLOS: IMPACTOS AMBIENTAIS E METODOLOGIAS DE ANÁLISE

Soil Degradation: environmental impacts and analysis methodologies

Edvania Aparecida Corrêa Alves

Docente Magistério Superior, Universidade Federal de Pelotas
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0712-5055>
advania.alves@ufpel.edu.br

Pedro Vieira Sampaio

Geógrafo, Assistente em Geoprocessamento, Drakkar Agrotecnologias
Orcid: <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>
sampaiovpedro@gmail.com

Lisiane de Souza Lemos

Geógrafa, mestranda em Geografia, Universidade Federal de Pelotas
Orcid: <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>
liselmos7@gmail.com

Matheus Midon dos Passos

Geógrafo, mestrando em Geografia pela Universidade Federal de Pelotas
Orcid: <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>
matheus.midon@hotmail.com

Artigo recebido em jan/2023 e aceito em abr/2023

RESUMO

Desde a revolução agrícola, o solo é um recurso fundamental para a sobrevivência humana tendo em vista a produção de alimentos. No entanto, o crescimento populacional associado a concentração de renda e ao mal uso da terra resultam em processos de degradação dos solos com o abandono de áreas agrícolas e aberturas de novas fronteiras agrícolas com a supressão, muitas vezes, de vegetação nativa. Neste contexto, o objetivo do presente artigo foi o de realizar uma revisão teórica sobre os processos e impactos da degradação do solo em ambientes rurais, bem como apresentar algumas formas de análise existentes para a avaliação e quantificação de diversos processos de degradação. Existem muitos métodos de análise de degradação dos solos, desde aqueles que utilizam técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, até técnicas experimentais em campo e análises laboratoriais visando a análise de parâmetros físicos e químicos dos solos. Assim, cabe a academia e ao setor público maior comunicação e colaboração na promoção de ações que visem conscientizar os proprietários agrícolas a respeito da importância da conservação do solo.

Palavras-chave: Solos; Degradação; Análise.

ABSTRACT

Since the agricultural revolution, the soil has been a fundamental resource for human survival in terms of food production. However, population growth associated with income concentration and inappropriate use of land results in degradation processes such as the abandonment of agricultural areas and the opening of new agricultural frontiers with the suppression, often, of native vegetation. In this context, the objective of this article was to carry out a theoretical review on the processes and impacts of soil degradation in rural environments, as well as to present some existing forms of analysis for evaluating and quantifying various soil degradation processes. There are several methods of soil degradation analysis, from those that use Geoprocessing and Remote Sensing techniques, to field experimental techniques and laboratory analyzes aimed at analyzing soil physical and chemical parameters. Therefore, it is up to academia and the public sector to increase communication and collaboration in promoting actions that aim to raise awareness among agricultural owners about respect for the importance of land conservation.

Keywords: Soils; Degradation; Analysis.

1. INTRODUÇÃO

Desde a revolução agrícola, onde o homem passou do nomadismo ao sedentarismo, o solo foi usado como recurso fundamental para a produção de alimentos, criação de animais e a sobrevivência e sucesso de comunidades fixas. A partir de então, muitas técnicas de cultivo e manejo foram desenvolvidas visando o aumento da produção de alimentos e a manutenção do recurso solo. No entanto, o crescimento populacional associado a concentração de renda e ao mal uso da terra resultam em processos de degradação dos solos, tornando-os impróprios ao uso agropastoril (CORRÊA, 2016; SICSÚ; LIMA, 2000; GARCIA RUIZ *et al.*, 2015; CUNHA; DOMÍNGUEZ; HILLIG, 2019) e resultando em aberturas de novas fronteiras agrícolas com a supressão de vegetação nativa e a manutenção, muitas vezes, das monoculturas destinadas ao mercado de *commodities* agrícolas.

Os processos de degradação dos solos envolvem alterações em suas características físicas e químicas, como a perda de nutrientes e matéria orgânica e alterações nas características de densidade, porosidade, estrutura, estabilidade dos agregados, capacidade de infiltração e resistência mecânica a penetração (GARCIA RUIZ *et al.*, 2015; CORRÊA, 2016). Além destas características, a erosão hídrica acelerada dos solos, considerada também como um fenômeno que degrada os solos, constitui na remoção das camadas superficiais mais ricas em nutrientes e matéria orgânica, remoções de horizonte pedológicos superficiais e subsuperficiais bem como na formação de feições lineares na paisagem devido a concentração de fluxo hídrico que culmina na remoção de sedimentos e formação de depressões no relevo (GUERRA, 2005; SAMPAIO, 2022; LEPSCH, 2010; STEFANUTO; LUPINACCI, 2019).

Muitas são as formas de análise dos processos de degradação dos solos. Destacam-se desde modelos implementados em Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) e que visam modelar características da paisagem que interferem no processo erosivo para estimar as taxas de perdas de solo e aportes de sedimentos por evento erosivo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2012; WILLIAMS, 1975). Ainda em ambiente SIG e usando de técnicas de fotointerpretação geomorfológica, há métodos que possibilitam cartografar as feições erosivas lineares (ROSS, 1992; STEFANUTO; LUPINACCI, 2019; SAMPAIO, 2022, SAMPAIO *et al.*, 2024) bem como combinar planos de informações visando a identificação de áreas potencialmente frágeis e de uso inadequado frente aos usos antrópicos realizados (ROSS, 1994, DOS PASSOS, 2023). Em se tratando de técnicas experimentais e realizadas em campo sob chuva natural ou simulada, tem-se as parcelas experimentais que adotam pinos de erosão para avaliar as alterações no relevo e assim estimar as perdas e/ou deposições ao longo do experimento (MORAES, 2016) bem como as parcelas isoladas com chapas galvanizadas e compostas por calhas do tipo Gerlach (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2012; GUERRA, 2005) que visam quantificar os solos e água perdidos em determinados eventos erosivos (CORREA, 2016). Por fim, análises das características físicas e químicas de amostras deformadas e indeformadas de solo também possibilitam estimar processos de degradação dos solos, especialmente quando se tem a comparação com solos similares, mas que estejam mantidos em condições de cobertura nativa. Além destas técnicas, há outros inúmeros métodos usados e que também possibilitam a análise dos processos de degradação dos solos. Cada qual deve ser escolhido considerando o que se pretende avaliar bem como quais as ferramentas e dados disponíveis para a realização de cada metodologia.

Tendo em vista o exposto, o objetivo do presente artigo foi o de realizar uma revisão teórica sobre os processos e impactos da degradação do solo em ambientes rurais, bem como apresentar algumas formas de análise existentes para a avaliação e quantificação de diversos processos de degradação. Destaque maior foi dado aos processos de erosão hídrica dos solos e às diferentes formas de análise deste fenômeno.

2. MATERIAL E MÉTODO

Por se tratar de um artigo teórico, o qual se baseia em trabalhos já realizados pelos autores, a metodologia consistiu na realização de revisão bibliográfica com base em livros, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses e artigos científicos. Estes documentos foram buscados no banco de dados Scopus, no Portal de Periódicos CAPES e no Google Scholar, dando maior ênfase aos trabalhos publicados nos últimos 10 anos. Foram utilizadas as seguintes palavras chave: erosão hídrica do solo, perdas de solo, degradação dos solos, fragilidade ambiental, geoprocessamento,

sensoriamento remoto, modelagem de perdas de solos, parcelas experimentais de perdas de solo, características físicas e químicas dos solos, dinâmica do uso e cobertura das terras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Solos: seu papel sistêmico e a erosão no âmbito da questão ambiental

Os solos são corpos tridimensionais, dinâmicos e naturais originados de constituintes sólidos, líquidos e gasosos, resultantes de processos pedogenéticos fomentados pelas interações entre seus fatores de formação: material de origem, tempo, clima, relevo e organismos (GUERRA, 2000; LEPSCH, 2010; BRADY; WEIL, 2013).

Considerando as diversas combinações entre os fatores de formação, os solos adquirem características específicas quanto às suas propriedades químicas, físicas e biológicas e se expressam de diferentes formas ao longo do perfil do solo, sendo o perfil do solo uma seção vertical subdividida em horizontes resultantes de diferentes processos pedogenéticos (PALMIERI e LARACH, 2010; LEPSCH, 2010; BRADY; WEIL, 2013).

Por um lado, se certas funções dos solos, como servir de habitat para organismos, podem caracterizá-los como ecossistemas (VAN OOST *et al.*, 2000; MOREIRA *et al.*, 2013), neste artigo enfoque será dado considerando o solo enquanto elemento sistêmico e recurso natural.

Os recursos naturais são elementos da natureza demandados para a satisfazer as necessidades humanas, mesmo que estes sejam usados de forma direta ou indireta. Dependendo do uso antrópico, suas propriedades podem ser alteradas e no caso de exploração, apropriação ou uso inadequado diante de suas limitações e fragilidades naturais, estas podem ter efeitos negativos e em alguns casos irrecuperáveis ao meio ambiente (VENTURI, 2006).

A demanda pelos recursos naturais é variável ao longo da história devido aos diferentes valores econômicos, sociais e culturais dominantes em cada recorte espaço-temporal (VENTURI, 2006). No entanto, os solos sempre apresentaram importância, especialmente após a revolução agrícola. Porém, sua importância vem sendo ampliada devido ao aumento populacional, que deve alcançar até 2030 a marca de 8,6 bilhões de pessoas no mundo (ONU NEWS, 2017), em associação à ampliação da acumulação de renda e ao mal uso da terra (SICSÚ; LIMA, 2000; CUNHA; DOMÍNGUEZ; HILLIG, 2019).

Neste contexto, há a necessidade de se otimizar e aumentar a produção de alimentos considerando os mesmos territórios agrícolas já utilizados, conservando as coberturas vegetais nativas em detrimento da abertura de novas fronteiras agrícolas. Manter a qualidade física e química dos solos agrícolas é tido como um dos grandes desafios da humanidade visto que o “no futuro,

nosso grau de dependência do solo tende a aumentar, e não a diminuir” (BRADY; WEIL, 2013, p. 1), o que situa a degradação do solo e suas consequências entre os principais problemas a serem enfrentados no século XXI (GARCIA RUIZ *et al.*, 2015; MAQSOOM *et al.*, 2020).

Considerando a escala temporal da vida humana, o solo não é um recurso renovável, visto a necessidade de centenas de anos para a formação de poucos centímetros de solo e, para que um solo atinja sua maturidade, podem ser necessários milhares de anos (LEPSCH, 2010). Em eventos de chuvas intensas ocorrentes em solos desprovidos de cobertura vegetal e recentemente revolvidos para o uso agrícola, há a perda de solos que correspondem aos poucos centímetros formados nas últimas centenas de anos. Neste contexto, Lal (1995) afirma que o solo é um recurso finito, frágil e não renovável, sendo que o solo, quando analisado em termos de adequabilidade de uso, tem 22% (3,6 bilhões de ha) da área total do globo adequada para o cultivo, e somente 3% (45 milhões de ha) possui capacidade de produção elevada. Assim, diversas atividades socioeconômicas inadequadas perante as condições naturais impostas pelo meio acabam por degradar os solos em um ritmo mais rápido do que aquele responsável por sua renovação (BRADY; WEIL, 2013). Trata-se, portanto, de um conflito entre tempos e sistemas: de um lado, o tempo geológico, responsável pelo ritmo dos sistemas físico-naturais, e de outro, o tempo social, motor dos sistemas socioeconômicos.

Há muitas formas de degradação dos solos, da impermeabilização mecânica à contaminação química, destacando-se a erosão acelerada que corresponde à intensificação, pelas atividades antrópicas, da dinâmica erosiva natural. A erosão é um processo natural que modifica a superfície terrestre ao longo do tempo geológico e que ocorre naturalmente em ritmo semelhante ao ritmo de formação do solo (PRESS *et al.*, 2006). Assim, a erosão é o conjunto de processos relativos à desagregação, ao transporte e à deposição das partículas de solo e que pode ser acelerada pelas ações antrópicas resultando nas perdas dos horizontes superficiais e mais férteis dos solos (GUERRA, 1998; BRADY; WEIL, 2013).

Em termos mundiais, a expansão inadequada das terras agrícolas frente às áreas de vegetação natural é a principal transformação responsável pelo desencadeamento dos processos erosivos (BORRELLI *et al.*, 2017; OBIAHU; ELIAS, 2020; FANG; FAN, 2020; DAS *et al.*, 2020). Portanto, a intensificação da erosão é resultado da redução da capacidade de interceptação da água da chuva pela cobertura vegetal (COELHO NETTO, 2007), ocasionando a compactação do solo, comprometendo a infiltração e impulsionando o escoamento superficial (LEPSCH, 2010; KOLLI; OPP; GROLL, 2021) e aumentando assim a ocorrência de processos erosivos. Com a erosão, os sedimentos são transportados das vertentes para os cursos e corpos d'água (MAQSOOM *et al.*, 2020). Com isso, além de causar a remoção da camada do solo mais rica em nutrientes, a erosão também pode ocasionar o assoreamento dos recursos hídricos e redução da qualidade da água

onerando os órgãos públicos quanto ao tratamento da água para uso humano urbano (FANG; FAN, 2020). Vale destacar que as partículas transportadas pela água também podem estar impregnadas de defensivos agrícolas os quais contaminam os corpos hídricos. Assim o desmatamento e a erosão dos solos podem ocasionar o desaparecimento de mananciais bem como acentuar os efeitos de inundações (GUERRA, 1998, p.187)

A erosão acelerada do solo também atinge a paisagem na qual se insere, sendo capaz de alterá-la em graus distintos (HUBP, 2011). Entende-se paisagem como sendo um arranjo espacial indissociável, em determinada porção do espaço geográfico, resultante da combinação dinâmica e dialética de elementos físicos, biológicos e antrópicos, os quais se configuram em um conjunto único e em constante evolução (BERTRAND, 2004).

No contexto dos estudos ambientais e que adotam o termo de paisagem acima exposto, destacam-se os geossistemas que correspondem às unidades de paisagem que representam as organizações espaciais originadas pelas interrelações entre os elementos físicos que compõem a natureza, onde os solos, juntamente com o clima, as rochas, a topografia, a vegetação, as águas e toda a biota constituem um sistema cujo funcionamento se dá por meio dos fluxos de matéria e energia que se mostram dominantes em determinado recorte espacial (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Ainda que sejam fenômenos naturais, todos os fatores econômicos e sociais devem ser considerados nos estudos geossistêmicos, uma vez que influenciam sua estrutura e suas peculiaridades espaciais (SOTCHAVA, 1977). Os produtos dos sistemas socioeconômicos entram como *inputs* nos geossistemas e afetam seus processos e fluxos de matéria e energia, sendo que as alterações nestes fluxos podem extrapolar os limites de resistência e resiliência, gerando problemáticas ambientais, comprometendo o equilíbrio dinâmico natural e estimulando sua reorganização para um novo estado de equilíbrio (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Dessa forma, os geossistemas se configuram enquanto “sistemas dinâmicos, flexíveis, abertos e hierarquicamente organizados, com estágios de evolução temporal, numa mobilidade cada vez maior sob a influência do homem” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 42). Dentro do espectro das influências antropogênicas nos componentes naturais dos geossistemas e, conseqüentemente, em seu funcionamento natural, se encontram as modificações na vegetação (SOTCHAVA, 1977).

As alterações na cobertura vegetal impactam diretamente no desenvolvimento de processos erosivos, atenuando-os ou intensificando-os. Os efeitos das mudanças de cobertura e uso da terra na erosão do solo vêm sendo estudados em diversas escalas, entre as quais se encontra a bacia hidrográfica (FANG; FAN, 2020), escala na qual as atividades antropogênicas impactam diretamente (OBIAHU; ELIAS, 2020) e que por serem unidades territoriais permitem o seu estudo por meio da lógica geossistêmica.

As bacias hidrográficas são entendidas como sistemas físico-ambientais compostos por materiais líquidos e sólidos, naturalmente delimitados por processos derivados do abastecimento de água pela atmosfera e que envolvem a captação e a drenagem dessa água através de uma rede de canais fluviais para um exultório em comum (COELHO NETTO, 2007; MACHADO; TORRES, 2012). Além da própria água, sedimentos e materiais dissolvidos fazem parte dos fluxos internos de matéria e energia das bacias.

No âmbito das bacias hidrográficas, o incremento dos processos erosivos pode conduzir a sérias consequências, que ameaçam tanto a qualidade quanto a quantidade dos recursos hídricos. Assim, a estimativa das perdas de solo por erosão, aliada à identificação das áreas mais frágeis, é fundamental para a implementação de práticas de manejo mais adequadas à gestão sustentável dos recursos naturais, com destaque ao solo e a água (WOLDEMARIAM; HARKA, 2020; KUMAR *et al.*, 2021).

3.2. Formas de análise da degradação dos solos

Muitas são as metodologias aplicadas nos estudos dos diversos tipos de degradação dos solos. Neste artigo, destacaremos os métodos indiretos e computacionais, métodos diretos e obtidos em campo e os métodos diretos e obtidos em nível de laboratório.

Quanto aos métodos computacionais e indiretos, destacam-se as modelagens implementadas em Sistemas de informação geográfica (SIG) e que visam o cruzamento de diversos planos de informação na quantificação de perdas de solo e na identificação de áreas frágeis e em conflito de uso da terra. No Brasil, destacam-se metodologias propostas por Bertoni e Lombardi Neto (2012) adaptada de Wischmeier e Smith (1978), Ross (1994).

Bertoni e Lombardi Neto (2012) propuseram a Equação Universal de Perda de Solo – EUPS, a qual foi uma adaptação da metodologia proposta por WISCHMEIER e SMITH (1978). A ampla utilização deste modelo deriva da flexibilidade, aplicabilidade em diferentes regiões e facilidade de determinação dos parâmetros que esta equação requer (PINTO; GARCIA, 2005; VALLE JUNIOR, 2008; FERRAZ *et al.*, 2013; PEREIRA, 2014; SANTOS; ALMEIDA; SANTOS, 2019; LENSE *et al.*, 2021). A EUPS tem como objetivo, no período de um ano, prever a erosão do solo em cada porção da paisagem estudada, em especial, em nível de bacias hidrográficas. Através disso, direciona o planejamento de práticas conservacionistas para reduzir as perdas de solos a níveis aceitáveis (LARSON *et al.*, 1991). A EUPS se estrutura da seguinte forma:

$$A=R \times K \times LS \times C \times P(1)$$

Onde:

A = perda de solo estimada ($t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$);

R = fator erosividade das chuvas ($MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1} \cdot ano^{-1}$);

K = fator erodibilidade do solo ($t \cdot ha \cdot h \cdot ha^{-1} \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$);

LS = fator topográfico, que abrange a declividade e o comprimento da vertente (adimensional);

C = fator uso e manejo do solo (adimensional);

P = fator práticas conservacionistas (adimensional).

Além da EUPS, existem outros modelos que objetivam prover as perdas de solos. Willians (1975) propôs a Equação Universal de Perdas de Solo Modificada (MEUPS) possibilitando quantificar o aporte de sedimentos por evento erosivo. A MEUPS contempla os mesmos fatores da EUPS, com a substituição do fator R pelo *runoff* (fator correspondente ao escoamento superficial). Ainda em termos de quantificação de perdas de solos, outros modelos matemáticos têm sido usados, como o SWAT (Soil and Water Assessment Tool). Tal modelo foi desenvolvido por USDA-ARS para verificação dos efeitos resultantes das modificações no uso do solo sobre o escoamento superficial e subterrâneo e na produção de sedimentos. Para o cálculo da produção de sedimentos de uma bacia, ele utiliza a MEUPS – Modificação da Equação de Perdas de Solo, proposta por Williams 1975 (LELIS e CARIJURI, 2010). Também se destaca o modelo teórico WEPP (Water Erosion Prediction Project) proposto por Foster *et al.* (1989) e que visa o cálculo de erosão considerando as áreas de sulcos e entressulcos em uma bacia hidrográfica (NEARING *et al.*, 2005).

Em comparação com esses outros modelos, a EUPS é a que tem maior utilização devido a sua aplicação mais generalizada e pela superação das restrições climáticas e geográficas (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2012). A MEUPS, SWAT e a WEPP precisam de dados pluviográficos, onde no Brasil não existem em quantidade satisfatória (VÁZQUEZ FERNÁNDEZ, 1996).

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2012), o uso da EUPS tem servido como guia para o planejamento do uso da terra, podendo ser utilizada em escala universal, apresentando facilidade na aplicação em comparação com outras equações deste gênero. No entanto, em áreas carentes de informações cartográficas, a aplicação da EUPS apresenta limitações. Da mesma maneira, a ausência de informações básicas da paisagem é um dos maiores desafios visto a necessidade de adaptação dos fatores para cada condição edafoclimática. Por apresentar informações generalizadas, seus dados não determinam a perda real, mas podem servir como instrumento qualitativo para adequação do uso da terra em termos de bacias hidrográficas.

No Brasil muitos trabalhos científicos têm utilizado a EUPS para determinação de perdas de solo, como o de Lombardi Neto e Moldenhaeur (1992), Vázquez Fernández (1996), PINTO; GARCIA (2005), Tomazoni e Guimarães (2005), Valle Junior (2008), Amorim *et al.* (2010), Santos e Moraes (2012), Souza e Gasparetto (2012), Corrêa *et al.* (2015), Petsch e Santos (2015), Prestes (2018), FERRAZ *et al.*, 2013; SANTOS; ALMEIDA; SANTOS, 2019 e LENSE *et al.* (2021). Todos os autores concluíram que este modelo, por não necessitar a inserção de muitos dados, foi o mais adequado para realizar a determinação de perdas de solos para as áreas avaliadas.

Ainda em se tratando de métodos computacionais, destaca-se a metodologia proposta por Ross (1994) que estabelece a Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais através da Carta de Fragilidade Potencial (que associa os fatores naturais do ambiente) e a carta de Fragilidade Emergente (que relaciona os resultados da Carta de Vulnerabilidade Potencial com as intervenções antrópicas). Essa metodologia baseia-se na ideia de que a natureza exerce função intrínseca entre suas componentes físicas e bióticas. O princípio da funcionalidade intrínseca fundamenta-se no conceito de Unidade Ecodinâmica preconizada por Tricart (1977). Em função dos diferentes estados de equilíbrio e desequilíbrio dos quais o ambiente está submetido, Ross (1994) sistematizou uma hierarquia nominal de fragilidade representadas por códigos: muito fraca (1), fraca (2), média (3), forte (4) e muito forte (5). Estas categorias exprimem especialmente a fragilidade do ambiente a partir dos processos originados do escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais e que ocasionam os processos erosivos. Para tanto, essa modelagem requer o levantamento dos fatores climáticos, pedológicos, geológicos, geomorfológicos e antrópicos que atuam sobre o ambiente a ser estudado. No cenário brasileiro, muitos estudos têm sido realizados em bacias hidrográficas e utilizando a metodologia proposta por Ross (1994), juntamente com técnicas de geoprocessamento. Destacam-se os trabalhos realizados por Oliveira *et al.* (2012), Bacani *et al.* (2015), Valle *et al.* (2016), Peixoto *et al.* (2018), Grisa *et al.* (2015), Silva *et al.* (2011), Massa e Ross (2012), Rosa e Ross (1999), Cruz *et al.* (2010), Spörl e Ross (2004), Nornberg e Rehbein (2021) e Rehbein *et al.* 2021. Todos os autores concluíram que essa metodologia aliada às técnicas de geoprocessamento, mostrou-se útil e competente para o planejamento territorial, auxiliando no gerenciamento de bacias hidrográficas e na identificação de áreas potencialmente frágeis e em processos de degradação dos solos por ações antrópicas.

De forma indireta e partindo dos princípios da fotointerpretação e cartografia geomorfológica em ambiente SIG, muitos autores têm realizado mapeamentos geomorfológicos em nível de detalhe e considerando o 6º táxon da cartografia geomorfológica (ROSS, 1992) visando identificar formas menores resultantes da ação dos processos erosivos atuais ou da sedimentação atual, como as formas associadas às voçorocas, sulcos e ravinas. Neste contexto, o mapeamento geomorfológico é

um dos instrumentos da pesquisa geomorfológica e importante subsídio ao planejamento físico-territorial o qual é realizado com o uso da cartografia computadorizada e o sensoriamento remoto em conjunto aos SIGs (ARGENTO, 2009). Em síntese “o mapa geomorfológico constitui a base das pesquisas ambientais. Além da representação cartográfica das feições morfológicas, o mapa, como produto final, é a concepção sintética do relevo, o fundamento da pesquisa geomorfológica” (SIMON e LUPINACCI, 2019, p.14). Assim, o mapeamento geomorfológico considerando o 6º táxon (mapeamento de sulcos, ravinas e voçorocas) vem sendo o objeto de vários estudos ao redor do mundo, destacando-se trabalhos de CHAPLOT *et al.*, 2005; DUBE *et al.*, 2020; KOSOLAPOV *et al.*, 2021; CORATZA e PARENTI, 2021, Stefanuto e Lupinacci (2019), Sampaio *et al.* (2024, no prelo), Dos Passos (2023), Silva *et al.* (2022). Em muitos destes estudos, os autores concluíram que o fator central para o surgimento e evolução das feições erosivas lineares se deve ao uso inadequado da terra, em especial, a expansão de áreas com cultivos temporários em associação a solos de elevada erodibilidade.

Quanto às práticas de aquisição de dados de forma direta e em campo, destacam-se os estudos para a aquisição de perdas de solo em parcelas experimentais de erosão usando pinos de erosão e parcelas isoladas usando as calhas de Gerlach (GUERRA, 2005).

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2012), monitorar a perda de solo por meio de parcelas experimentais usando estacas erosivas permite analisar a transformação temporal do relevo e do solo. Uma vez conhecida a densidade do solo, é possível medir a profundidade da perda de solo em um determinado período de tempo. Esse método é denominado indireto porque não há coleta de sedimentos e água. Dos estudos feitos no mundo e no Brasil destacam-se os de Arruda *et al.* (2006) que utilizaram o método para estimar erosão de clareiras relacionadas a mudanças de relevo no município de Coari - AM. Thomas *et al.* (2008) utilizaram a técnica para quantificar a erosão e degradação do solo em uma área cultivada no Paraná. Lemos *et al.* (2020) utilizaram o método para entender a dinâmica do processo de perda de solo em áreas com lavouras temporárias e cobertura florestal nativa no sul do Rio Grande do Sul para ajudar a entender os processos de degradação do solo na região.

Já as parcelas experimentais de perdas de solo isoladas usando as calhas de Gerlach são classificadas como métodos diretos de estimativa de erosão do solo visto que se baseiam na coleta, medição e análise do material perdido por erosão hídrica do solo (Bertoni *et al.* 1975). No Brasil, Corrêa (2016), a partir da instalação de 8 parcelas isoladas, avaliou as perdas de solo em canaviais no estado de São Paulo e em áreas com solos arenosos e argilosos. Pinese Jr e Cruz, (2009) instalaram 7 parcelas experimentais em diferentes tipos de vegetação para analisar e monitorar diferentes tipos de vegetação de isolamento de erosão no município de Uberlândia, MG.

Finalmente, Thomaz e Ross (2006) usaram 31 parcelas experimentais com uma bacia hidrográfica Gerlach para analisar o comportamento hidrogeomorfológico em diferentes segmentos de encosta com solos argilosos rasos.

Por fim, destacam-se os métodos diretos e obtidos em nível de laboratório e que possibilitam diagnosticar processos de degradação dos solos devido a alterações nos parâmetros físicos e químicos.

A capacidade de infiltração é um atributo físico dos solos e associada a porosidade, sendo a porosidade correspondente ao volume do solo não ocupado por partículas sólidas, incluindo todo o espaço poroso ocupado pela água e ar (SILVA, 2005). Testes de infiltração são importantes para estabelecer a capacidade do solo em armazenar e aceitar certa quantidade de água ao longo do tempo (ROSS e FIERZ, 2009). A taxa de infiltração revela características como estabilidade de agregados, tamanho e distribuição dos poros e vedação da superfície (REICHERT *et al.*, 2009).

Assim, a infiltração é o movimento da água no perfil do solo e quanto maior for a sua velocidade, menor será o escoamento superficial, resultando em menor processo erosivo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2012). Uma porosidade eficiente permite maior quantidade de água infiltrada, propiciando uma reserva permanente para as nascentes e os vegetais (SILVA, 2005).

A compactação é a redução dos índices de vazios do solo devido a ação mecânica imposta por implementos agrícolas quando do plantio e colheita e/ou pelo pisoteio bovino (CASAGRANDE, 2001). O processo de compactação, além de promover o decréscimo da porosidade, ocasiona o aumento na densidade do solo (BERGAMIM *et al.*, 2010; RIBEIRO *et al.*, 2010). Assim, quando analisadas conjuntamente a condutibilidade hidráulica, a resistência mecânica dos solos à penetração e a densidade dos solos, é possível inferir sobre as características estruturais dos solos, permitindo a previsão do grau de impacto do manejo realizado e a consequência deste nos processos erosivos (DORAN e PARKIN, 1994, REICHERT *et al.*, 2010, p. 55).

4. CONCLUSÕES

O processo de formação dos solos, o qual depende basicamente do material de origem e das condições climáticas, requer de centenas a muitos milhares de anos. No entanto, muitos estudos tem indicado processos de inadequação dos usos da terra frente as potencialidades naturais dos solos. Alguns destes estudos foram elencados neste trabalho, dos quais usaram desde técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, até técnicas experimentais e análises laboratoriais visando a análise de parâmetros físicos e químicos. Muito já se sabe sobre os impactos do uso inadequados dos solos e muitas são as projeções já realizadas pela academia em se tratando do

recurso solo. No entanto, o que se verifica ainda é a continuidade, em algumas regiões brasileiras, da expansão das fronteiras agrícolas para o cultivo especialmente de *commodities* agrícolas as quais ainda ocorrem com a supressão de vegetação nativa e são realizadas em solos naturalmente frágeis. Assim, cabe a academia e ao setor público maior comunicação e colaboração na promoção de ações que visem conscientizar os proprietários agrícolas a respeito da importância da conservação do solo.

Ademais, e de maior importância, cabe a academia fornecer subsídios de educação ambiental a sociedade civil para que esta possua consciência política quando da escolha de seus representantes junto aos poderes legislativo e executivo. Por que somente alterações em termos de vontade política é que pode coibir a expansão de fronteiras agrícolas bem como a manutenção e proposição de políticas públicas ambientais voltadas aos usos sustentáveis da terra e a conservação dos solos.

REFERÊNCIAS

AMORIM, R. S. S. *et al.* Avaliação do desempenho dos Modelos de Predição da Erosão Hídrica USLE, RUSLE e WEPP para diferentes Condições Edafoclimáticas do Brasil. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 30, n. 6, p. 1046-1049, 2010.

ARGENTO, M. S. F. Mapeamento geomorfológico. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B (Orgs). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 365-392

ARRUDA, W. C.; LIMA, H. N.; FORSBERG, B. R.; TEIXEIRA W. G. Estimativa de erosão em clareiras através da mudança do relevo do solo por meio de pinos. In: WORKSHOP TÉCNICO-CIENTÍFICO DA REDE CT-PETRO AMAZÔNIA. 10., 2004, Manaus. **Anais...** Manaus: Rede CT-Petro Amazônia, 2004.

BACANI, V. M. *et al.* Sensoriamento remoto e SIG aplicados à avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 119-135, 2015.

BECEGATO, V. A. Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Doce (GO), utilizando técnicas de geoprocessamento. **GeoFocus**, n. 11, p. 51-69, 2011.

BERGAMIN, A. C. *et al.* Compactação em um Latossolo Vermelho distroférico e suas relações com o crescimento radicular do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 681-691, 2010.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 8. ed. São Paulo: Editora Ícone, 2012. 360p.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. **Ra'ega - O Espaço Geográfico em Análise**, n. 8, p. 141-152, 2004.

BORRELLI, P. *et al.* An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. **Nature communications**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2017.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2013. 715p.

CASAGRANDE, A. A. Compactação e manejo do solo na cultura da cana-de-açúcar. In: MORAES, M. H.; MÜLLER, M. M. L.; FOLONI, J. S. S. **Qualidade física do solo: métodos de estudo - sistemas de preparo e manejo do solo**. Jaboticabal: FUNEP, 2001. p.150-97.

CHAPLOT, V. *et al.* Spatial and temporal assessment of linear erosion in catchments under sloping lands of northern Laos. **Catena**, v. 63, n. 2-3, p. 167-184, 2005.

CHRISTOFOLETTI, A. **A Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgar Blucher, 1999. 257p.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 7.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2007. p. 105-126.

CORATZA, P.; PARENTI, C. Controlling factors of badland morphological changes in the Emilia Apennines (Northern Italy). **Water**, v. 13, n. 4, p. 1-19, 2021.

CORRÊA, E. A. **Perdas de solo e índices de vegetação: proposta metodológica para a determinação do Fator C (MEUPS) em pastagens e cana-de-açúcar**. 2016. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2016.

CORRÊA, E. A.; PINTO, S. A. F.; COUTO JÚNIOR, A. A. Espacialização Temporal das Perdas de Solo em uma Microbacia Hidrográfica com predomínio de Solos Arenosos. **Geografia**, Rio Claro, v. 40, n. 1, p. 101-118, 2015.

CRUZ, L. M.; JÚNIOR, J. F. P.; RODRIGUES, S. C. **Abordagem Cartográfica da fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Glória – MG**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 62, n. 03, p. 505-516, 2010.

CUNHA, A. S.; DOMÍNGUEZ, A.; HILLIG, C. Os modelos de produção no campo e o estado neoliberal no Pampa gaúcho e uruguaio. **Revista OKARA: Geografia em debate**, v. 13, n. 2, p. 316-337, 2019.

DAS, S. *et al.* Comparison of RUSLE and MMF soil loss models and evaluation of catchment scale best management practices for a mountainous watershed in India. **Sustainability**, v. 13, n. 1, p. 232, 2020.

DOS PASSOS, M. M. **Diagnóstico físico-conservacionista do alto curso do arroio Quilombo**. Monografia (Trabalho de Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2023.

DUBE, H. B. *et al.* A global analysis of the morphology of linear erosion features. **Catena**, v. 190, p. 1-12, 2020.

DUTRA, D. S. **Mapeamento geomorfológico da área de influência do Escudo Sul-Rio-Grandense no município de Pelotas/RS**. 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

FANG, H.; FAN, Z. Assessment of Soil Erosion at Multiple Spatial Scales Following Land Use Changes in 1980–2017 in the Black Soil Region, (NE) China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 20, p. 1-19, 2020.

FERRAZ, S. F. de B. *et al.* Simulação de perdas de solo em função de cenários de adequação ambiental em microbacias agrícolas. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 98, p. 271-282, 2013.

FERREIRA, S. L. S. **Análise multitemporal da erosão nas bacias hidrográficas dos rios São João, Iporã e do Prado, Altônia – PR, decorrente da dinâmica agropastoril**. 2012. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: LIER, Q. J. V. **Física do Solo**. Viçosa: SBCS, 2010.

FLACH, C. W. **Esboço fotopedológico, análise morfológica e de degradação dos solos no alto curso da bacia hidrográfica do Arroio Quilombo**. 2018. Monografia. Trabalho de Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

GARCÍA-RUIZ, J. M. *et al.* A meta-analysis of soil erosion rates across the world. **Geomorphology**, v. 239, n. 15, p. 160-173, 2015.

GRISA, K. T. *et al.* Mapeamento da fragilidade potencial: estudo de caso do alto curso da bacia hidrográfica do Rio Cotegipe - PR. *Revista Geografia em Questão*, v. 08, n. 1, p. 138-149. 2015.

GUERRA, A. J. T. G. Processos erosivos em encostas. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. Cap 4. p. 149-199.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. 190p.

HUBP, J. L. **Diccionario geomorfológico**. México: Universidade Nacional Autónoma de México, 2011.

KOLLI, M. K.; OPP, C.; GROLL, M. Estimation of soil erosion and sediment yield concentration across the Kolleru Lake catchment using GIS. **Environmental Earth Sciences**, v. 80, n. 4, p. 1-14, 2021.

KOSOLAPOV, V. M. *et al.* The Role of Perennial Grasses In: The Protection Of Soil Resources Of Erosive Ecosystems With Active Development Of Linear Erosion. In: CONFERENCE SERIES: EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCE. 2001. **Proceedings...** 2001. p. 1-7.

KUMAR, D. *et al.* Prioritization of Watershed Using Remote Sensing and Geographic Information System. **Sustainability**, v. 13, n. 16, p. 1-22, 2021.

LAL, R. Trends in world agricultural use: potencial and constraints. In: LAL, R.; STEWART, B. **Soil Management, experimental basis for sustainability and environmental quality**. Boca Raton: CRC Press, 1995. p. 521-535.

LARSON, W. E.; LINDSTROM, M. J.; SCHUMACHER, T. E. The role of severe storms in soil erosion: A problem needing consideration. **Journal of Soil and Water Conservation**. v. 52, n. 2, p. 90-95, 1991.

LELIS, T. A.; CALIJURI, M. L. Modelagem hidrossedimentológica de bacia hidrográfica na região sudeste do Brasil, utilizando o SWAT. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 5, n. 2, p. 158-174, 2010.

LEMOS, L. de S. **Estimativa de Tolerância de Perdas de Solo do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Arroio Quilombo – Pelotas/Canguçu – RS**. 2020. Monografia (Trabalho de Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

LENSE, G. H. E. *et al.* Soil losses in the State of Rondônia, Brazil. **Ciência Rural**, v. 51, n. 5, 2021.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 334p.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAEUR, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). VIII Conservação do Solo. **Bragantia**, Campinas, v. 51, n. (2), p. 189-196, 1992.

MACHADO, P. J. de O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 192p.

MAQSOOM, A. *et al.* Geospatial assessment of soil erosion intensity and sediment yield using the revised universal soil loss equation (RUSLE) model. **ISPRS - International Journal of Geo-Information**, v. 9, n. 6, p. 356, 2020.

MASSA, E. M.; ROSS, J. L. S. Aplicação de um modelo de fragilidade ambiental relevo-solo na Serra da Cantareira, bacia do Córrego do Bispo, São Paulo-SP. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. 24, p. 57-79. 2012.

MORAES, I.C. **Avaliação dos modelos de predição da erosão hídrica MEUPS e WEPP: contribuição em bacias hidrográficas**. 2016. 191 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2016.

MOREIRA, F. M. S. *et al.* **O ecossistema solo**. Lavras: UFLA, 2013. 356p.

NEARING, M. A. *et al.* Modeling Response of Soil Erosion and Runoff to Changes in Precipitation and Cover. **Catena**, v. 61, p. 131-154, 2005.

NÖRNBERG, S. O.; REHBEIN, M. O. Fragilidade ambiental do município de Pelotas/ RS: aplicação e comparação de dois modelos. **Caminhos de Geografia**, v. 22, p. 42-59, 2021.

OBIAHU, O. H.; ELIAS, E. Effect of land use land cover changes on the rate of soil erosion in the Upper Eyiohia river catchment of Afikpo North Area, Nigeria. **Environmental Challenges**, v. 1, p. 1-9, 2020.

OLIVEIRA, R. G. *et al.* Análise da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Córrego São João-MS utilizando geoprocessamento. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 64, n. 1, p. 15-24, 2012.

ONU NEWS. **População mundial atingiu 7,6 bilhões de habitantes**. Online. 2017. Disponível em: <https://news.un.org/pt/audio/2017/06/1207701>. Acesso em: 12 nov. 2021.

PALMIERE, F.; LARACH, J. O. I. Pedologia e Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

PEIXOTO, C. S. *et al.* Fragilidade Potencial e Emergente no município de Ivinhema (MS). **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Três Lagoas, v. 15, n. 27, p. 9-30, 2018.

PEREIRA, J. S. **Avaliação das perdas de solos por erosão laminar na área de influência da UHE Amador Aguiar I**. 2014. 167 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

PETSCH, C.; SANTOS, M. L. dos. Análise comparativa entre métodos de estimativas de perda de solos, o caso do Ribeirão Morangueira-PR. **Boletim de Geografia**, v. 33, n. 1, p. 15-26, 2015.

PINESE JÚNIOR, J. F.; CRUZ, L. M. Monitoramento de processos erosivos em parcelas experimentais no município de Uberlândia - MG. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 10, n. 31, p. 92-108, 2009.

PINTO, S. A. F.; GARCIA, G. J. Experiências de aplicação de geotecnologias e modelos na análise de bacias hidrográficas. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 17, p. 30-37, 2005.

PRESS, F. *et al.* **Para Entender a Terra**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 1392p.

PRESTES, V. **Erosão hídrica e uso da terra no alto curso do Arroio Quilombo por meio da Equação Universal de Perdas de Solos – EUPS**. 2018. Monografia (Trabalho de Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

REHBEIN, M. O.; SILVA, A. R. E.; DUTRA, D. S. Cartografia morfológica do relevo do município de Pelotas (RS). **Geografar**, v. 16, p. 531-554, 2021.

REICHERT, J. M. *et al.* Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil & Tillage Research**, v. 102, p. 242 -254, 2009.

REICHERT, J. M. *et al.* Mecânica do Solo. In: LIER, Q. J. V. **Física do Solo**. Viçosa: SBCS, 2010.

REICHERT, J. M.; VEIGA, M.; CABEDA, M. S. V. Selamento superficial e infiltração de água em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 16, p. 289-298, 1992.

RIBEIRO, M. A. V. *et al.* Resposta da soja e do eucalipto ao aumento da densidade do solo e a doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1157-1164, 2010.

ROSA, M. R.; ROSS, J. L. Aplicação de SIG na geração de cartas de fragilidade. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 13, p. 77-106, 1999.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 8, p. 3-74, 1994.

ROSS, J. L. S.; FIERZ, M. S. M. Algumas técnicas de pesquisa em geomorfologia. In: VENTURI, L. A. B. (Org). **Praticando Geografia: Técnicas de Campo e Laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

SANTOS, R. B.; ALMEIDA, A. Q.; SANTOS, W. A. Estimativas de Perdas de Solo para Diferentes Cenários de Cobertura Vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio Piauitinga-SE. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 1, p. 672-681, 2019.

SICSÚ, A. B. *et al.* Fronteiras agrícolas no Brasil: a lógica de sua ocupação recente. **Nova Economia**, v. 10, n. 1, p. 109-138, 2000.

SILVA, R. A. *et al.* Geotecnologias aplicadas na identificação de APP (Área de Proteção Permanente) de nascentes no Córrego das Cruzes -Selvíria (MS). **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 7, n. 2, 2011.

SILVA, A. S. Análise Morfológica dos solos e erosão. In. GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: Conceitos, Temas e aplicações**. Rio de Janeiro, 2005.

SILVA, M. M.; LUPINACCI, C. M.; STEFANUTO, E. B. Análise da distribuição espacial das feições erosivas lineares na alta bacia do ribeirão da Boa Vista-Corumbataí (SP). **Geosul**, Florianópolis, v. 37, n. 82, p. 275-302, 2022.

SIMON, A. L. H.; LUPINACCI, C. M. (Orgs.). **A cartografia geomorfológica como instrumento para o planejamento**. 01. ed. Pelotas: Editora da Universidade Federal de Pelotas, 2019. 172p.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas**. Série Métodos em questão. São Paulo: IGEOG/USP, 1977.

SOUZA, V.; GASPARETTO, N. V. L. Aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) na bacia do córrego Pinhalzinho Segundo, noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13 n. 3 p. 267-278. 2012.

SPORL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da Fragilidade Ambiental com Aplicação de Três Modelos. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, v. 15, p. 39-49, 2004.

STEFANUTO, E. B.; LUPINACCI, C. M. Análise da dinâmica erosiva presente no setor cuestasiforme de Analândia (SP). In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPEGE - ENANPEGE, 12, 2017, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ANPEGE, 2017. p.11625-11636.

STEFANUTO, E. B.; LUPINACCI, C. M. Avaliação das características ambientais de ocorrências das feições erosivas lineares nos limites depressão-cuesta-Analândia (SP). **Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 70, p. 367-384, 2019.

THOMAZ, E. L.; ROSS, J. L. S. Processos Hidrogeomorfológicos em Vertentes com Solos Argilosos Rasos em Guarapuava-PR, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, n. 2, 2006.

TOMAZONI, J.C.; GUIMARÃES, E. A Sistematização dos fatores da EUPS em SIG para Quantificação da Erosão Laminar na Bacia do Rio Jirau. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 57, n. 3, p. 235-244, 2005.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 97p.

VALLE, I. C.; FRANCELINO, M. R.; PINHEIRO, H. S. K. Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. **Floresta e Ambiente**, n. 23. p. 295–311, 2016.

VALLE JUNIOR, R. F. do. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba**. 2008. 233f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

VAN OOST, K.; GOVERS, G.; DESMET, P. Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage. **Landscape Ecology**, v. 15, n. 6, p. 579- 591, 2000.

VÁZQUEZ FERNÁNDEZ, G.A. **Análise da Erosão do Solo usando a EUPS, através de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento**. 1996. 163 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1996.

VENTURI, L. A. B. Recurso Natural: a construção de um conceito. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, v. 10, n. 1, p. 09-17, 2006.

WILLIAMS, J. R. Sediment yield prediction with universal equation using runoff energy factor. In: Present and perspective technology for predicting sediment yields and sources. **US Dept of Agriculture Publ.** p. 244-252, 1975.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Department of Agriculture, Science and Education Administration, 1978.

WOLDEMARIAM, G. W.; HARKA, A. E. Effect of land use and land cover change on soil erosion in Erer sub-basin, Northeast Wabi Shebelle Basin, Ethiopia. **Land**, v. 9, n. 4, p. 1-25, 2020.