



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Estratégia Metodológica para Zoneamento pelo Potencial de Perda de Solo em uma Bacia Hidrográfica no sul do Brasil

Elenice Broetto Weiler¹, Jussara Cabral Cruz², Marília Ferreira Tamiosso³, José Miguel Reichert⁴, Bruno Campos Mantovanelli⁵, Tiago Broetto⁶, Fernanda Dias Santos⁷, Roberta Aparecida Fantinel⁸

¹Doutoranda em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, - CEP: 97105-900, Santa Maria-RS. (55) 99199-3773. elenicebroettoweiler@gmail.com. ²Professora Dra., Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, - CEP: 97105-900, Santa Maria-RS. (55) 99971-5565. jussaracruz@gmail.com. ³Professora Dra., Universidade Federal do Pampa – Alegrete, Av. Tiaraju, 810, - CEP: 97546-550, Alegrete-RS. (55) 98112-4979. mariliaft@gmail.com. ⁴Professor PhD, PQ-1A, Titular, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, - CEP: 97105-900, Santa Maria-RS. (55) 99705-7652. reichert.jm@gmail.com. ⁵Doutorando em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, - CEP: 97105-900, Santa Maria-RS. (81) 98184-5406. brunomantovanelli21@gmail.com. ⁶Doutor em Ciência do Solo, Consultor agrônomo, Av. Caramuru, 2100, - CEP: 14025-710, Ribeirão Preto-SP. (16) 99135-4375. tiagobroetto@gmail.com. ⁷Doutoranda em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, - CEP: 97105-900, Santa Maria-RS. (55) 99716-3131. fernandadiotti@hotmail.com. ⁸Doutoranda em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, - CEP: 97105-900, Santa Maria-RS. (55) 98118-5361. fantinel.ar@gmail.com.

Artigo recebido em 01/01/2021 e aceito em 25/05/2021.

RESUMO

O objetivo do estudo foi propor um arranjo metodológico com auxílio do modelo USLE, de modo a sugerir o melhor uso do espaço em função de variáveis erosivas, utilizando a bacia hidrográfica como unidade de planejamento. Os parâmetros do modelo USLE foram espacializados usando o *software* ArcGis 10.5, para o estudo de caso da Bacia da Cachoeira Cinco Veados-RS, e os valores erosivos foram categorizados de acordo com a metodologia de Ribeiro 2006. A partir disso, a ideia foi reclassificar as áreas em aptas e não aptas ao uso testado conforme dois critérios limites adotados como máximo aceitável de perdas (20 e 50 t.ha⁻¹.ano⁻¹). A proposta metodológica consiste na construção de duas estratégias de análise: a primeira é a construção de um mapa temático, considerando uma ordem prioritária de usos na bacia, onde o uso mais perdulário foi analisado primeiro (Roteiro de Análise Hierárquica Entre Usos); a segunda, consiste na construção de mapas que correspondem a cenários com áreas da bacia aptas a um determinado uso, segundo o critério de classificação utilizado, e o seu cruzamento com o mapa de uso atual (Roteiro de Análise por Uso). Os resultados mostraram ser possível classificar as áreas em “aptas” e “não aptas” para determinado uso, permitindo com essa estratégia de organização identificar, quantificar e espacializar as áreas em conformidade com limite de perda de solo potencial e apontar aquelas que não toleram o uso testado, informação útil aos tomadores de decisão quando em estudos de planejamento regional.

Palavras-chave: Zoneamento, Bacia Hidrográfica, erosão, USLE.

Methodological Strategy for Zoning by using Soil Loss Potential in a Watershed in southern Brazil

ABSTRACT

The aim of this study was to propose a methodological approach to determine the best land use based on USLE model parameters, using the watershed as planning unit. The model USLE parameters were spatialized using the software ArcGis 10.5, for the case study of the Cachoeira Cinco Veados watershed, RS-Brazil, and the erosive values were categorized according to the methodology of Ribeiro (2006). We reclassified the areas in “suitable” and “not suitable” to the tested use, according to two limit-criteria adopted as maximum acceptable soil losses (20 and 50 t ha⁻¹ year⁻¹). The methodology consists of constructing two strategies: the first is a

construction of a thematic map, considering a priority order of uses in the watershed, where the most spendthrift use was analyzed first (Script of Hierarchical Analysis among Uses); and the second consists of the construction of maps that correspond to scenarios with watershed areas suitable to a given use, according to the classification criterion used, and their crossing with the current use map (Analysis Script by Use). The results show it is possible to classify the areas in “suitable” and “not suitable” for a given use, allowing with this organizational strategy to identify, quantify and spatialize the areas in accordance with the limit of potential soil loss and point out those that do not tolerate the tested use. This is a useful information for decision makers when studying regional planning.

Keywords: Zoning; Watershed; Erosion; USLE.

Introdução

A erosão do solo, particularmente devido à perda de solo, é preocupante face à redução na capacidade produtiva do solo, aumento do assoreamento de recursos hídricos e redução da qualidade da água. Estudos sobre erosão do solo envolvem a quantificação da erodibilidade K do solo no campo sob chuva natural e o desenvolvimento de nomogramas para solo subtropical (Cassol et al. 2018) ou em condições de laboratório (Thomaz e Fidalski, 2020), fator erosividade R (Avanzi et al., 2019) e uso e manejo C e práticas conservacionistas P da USLE (Silva et al., 2020), monitoramento do impacto do uso do solo sobre a produção de sedimentos em bacias hidrográficas para identificação de fontes de sedimentos (Rodrigues et al., 2018; Valente et al., 2020, 2021) ou pagamento por serviços ambientais (Bispo et al., 2020), efeito de plantas de cobertura na erosão do solo (Beniaich et al., 2020), práticas de manejo e relação com perda de solo, água e nutrientes (Reichert et al., 2019), perda do solo como indicador de risco à desertificação (Rios et al., 2020), fontes de sedimentos e volume erodido em voçorocas (Cândido et al., 2020), erosão em áreas degradadas (Siqueira Junior et al., 2019), relação posição relevo solo com erosão e propriedades do solo (Almeida et al., 2019), e modelagem hidrossedimentológica em bacias hidrográficas (Mauri et al., 2020; Ebling et al., 2021). Além disso, a erosão tem clara relação com a qualidade da água (Becker et al., 2009; Kaiser et al., 2015), sendo necessária a identificação de fontes de poluição (Bastos et al., 2021) e com o balanço hídrico em bacias hidrográficas (Reichert et al., 2017; Ferreto et al., 2020, 2021).

Inúmeros trabalhos foram desenvolvidos para estimar a perda de solo com base na USLE no Brasil (e.g., Braz et al., 2014; Volk e Cogo, 2014; Graça et al., 2015; Bagio et al., 2016; Medeiros et al., 2016; Silva et al., 2017; Schick et al., 2017; Cassol et al., 2018; Weiler et al., 2019; Avanzi et al., 2019) e no exterior (e.g., Zola e Juvenal, 2016; Ali e Hagos, 2016; Tuchtenhagen et al., 2017;

Schmidt et al., 2019), mas o diagnóstico por si só das áreas suscetíveis às perdas não é o bastante.

Além dos estudos básicos e modelagem do processo erosivo, a abordagem deve ser ampliada para englobar a conservação e o planejamento agrícola e ambiental. Na agricultura, a conservação do solo é vital para a segurança alimentar atual e de futuras gerações. Dentre as variáveis analisadas para planejamento e gestão de áreas, destaca-se a erosão hídrica, haja vista seu alto potencial de degradação do solo (Reichert et al., 2016; Rodrigues et al., 2018; El Jazouli et al., 2019). A erosão por ação hídrica tem causa natural, mas pode ser agravada com o uso de técnicas inadequadas de manejo do solo (Carvalho et al., 2012; Didoné et al., 2014; Rodrigues et al., 2014, 2018; Panagos et al., 2015; Reichert et al., 2019). Portanto, a previsão da suscetibilidade à erosão do solo em uma área constitui estratégia para controle das perdas e degradação desse recurso (Reichert e Norton, 2013; Devatha et al., 2015; Viel et al., 2017; Reichert et al., 2019).

Com a intensificação das discussões sobre a sustentabilidade do meio ambiente e seus recursos naturais, busca-se a análise das causas, consequências e possíveis ações de prevenção, diagnóstico e mitigação de impactos degradantes. Nesse sentido, torna-se essencial a utilização de ferramentas e tecnologias que assegurem uma minimização da degradação e que visem à conservação ambiental. Muito utilizada em todo o mundo, a Equação Universal de Perda de Solo (USLE), de Wischmeier e Smith (1978), trata de estimar a erosão de uma determinada área por meio das variáveis de erosividade da chuva, erodibilidade do solo, fator topográfico, uso e manejo do solo e práticas conservacionistas empregadas. Na utilização de modelos para identificar e quantificar áreas suscetíveis à perda de solos, a USLE demonstra potencial na diferenciação dos potenciais erosivos entre áreas, podendo ser aplicada em nível de bacia hidrográfica, se utilizada de forma espacializada em ferramenta SIG (Freire, 2020; Weiler et al., 2019; Gottstein et al., 2019).

Organizar a informação de modo prático e aplicável pode contribuir na elaboração de planos de manejo e uso do solo. A hipótese de trabalho foi que pela proposição de um arranjo metodológico considerando critérios de limites de perdas potenciais de solo, por meio do emprego do modelo USLE, é possível melhorar o planejamento de uso do solo, pela implicação do melhor uso do espaço. Assim, o objetivo deste trabalho foi a proposição de estratégias metodológicas, com auxílio da ferramenta USLE, de modo a sugerir o melhor uso do espaço em função de variáveis erosivas, utilizando a bacia hidrográfica como unidade de planejamento.

Material e métodos

Área de estudo

A Bacia Cachoeira Cinco Veados (BCCV), está localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Está inserida na mesorregião Centro Ocidental, na zona de transição entre a Depressão Central e o Planalto Sul-Riograndense, abrangendo parte dos municípios de Tupanciretã (243,2 km²), Quevedos (261,3 km²), Júlio de Castilhos (684,2 km²) e São Martinho da

Serra (352,8 km²), apresentando assim uma área de drenagem de 1541,9 km², com destaque os rios Toropi e Guassupi com 111,8 km e 63,8 km, respectivamente (Figura 1).

Planejamento ambiental para uso do solo aplicado na área de estudo

A proposta de método para planejamento considera duas etapas: a primeira com a construção de cenários de único uso de toda área disponível da bacia (exceto áreas com água e áreas urbanas) e uma segunda etapa de construção do planejamento de uso da terra com potencial baixo de perdas de solo.

A primeira etapa consiste na elaboração de *layers* no formato de *rasters* da bacia para cada parâmetro do modelo USLE, expressa pela equação $A=f(R*K*LS*C*P)$, onde A é perda potencial de solo em t.ha⁻¹.ano⁻¹. Para cada tipo de solo, condição de declividade e de precipitação são atribuídos os respectivos valores de erodibilidade do solo ($K=t.h.Mj^{-1}.mm^{-1}$), fator topográfico ($LS=adimensional$) e erosividade da chuva ($R=Mj.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$). Também devem ser definidos cenários em função de diversas possibilidades de uso do solo ($C=adimensional$) e de manejo conservacionista ($P=adimensional$).

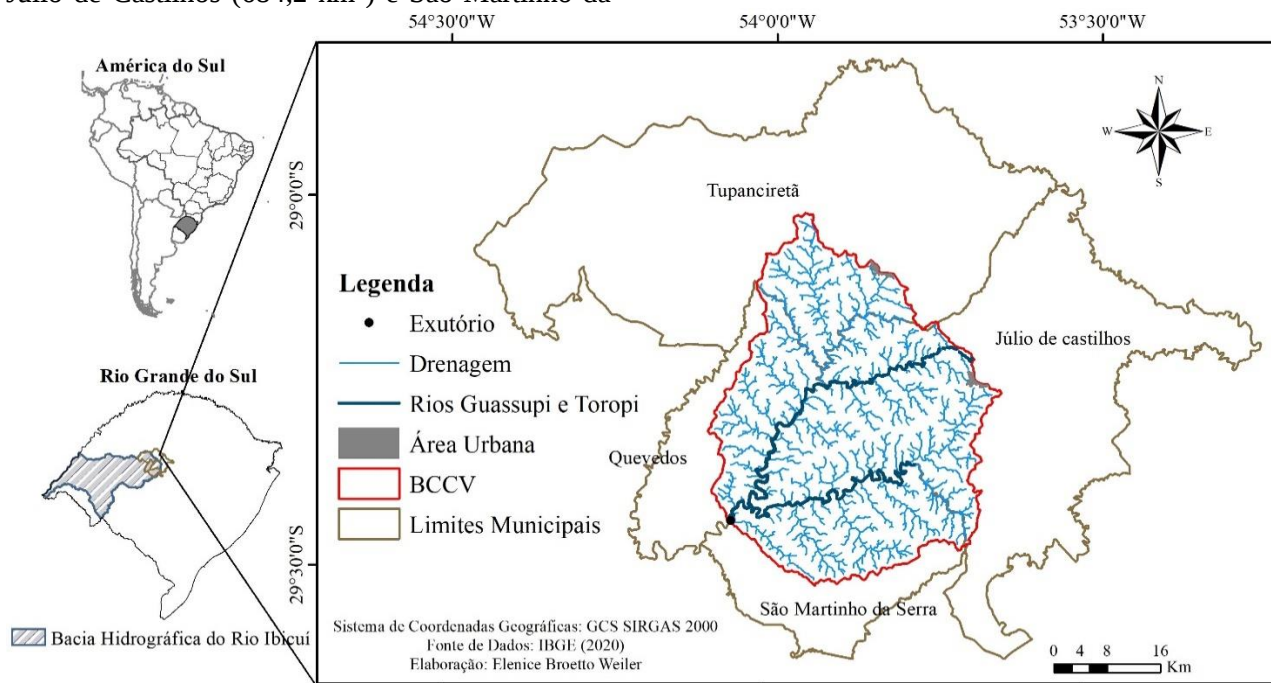


Figura 1. Mapa de Localização da Bacia Cachoeira Cinco Veados, RS.

No estudo de caso, para o cálculo do fator R (Erosividade da chuva) foram utilizados os valores de seis estações meteorológicas (2854013,

2953008, 2953030, 2954005, 2954019, 2954032), para uma série de precipitação de 33 anos (1985-2018), com dados contínuos de precipitação total

anual e precipitação total mensal (ANA, 2018). A erosividade da chuva foi calculada pela equação de Cassol et al., 2007, desenvolvida para região de Ijuí (RS), local próximo à área de estudo.

A definição dos valores de K (Erodibilidade do solo) baseou-se em vários trabalhos (Denardin e Wunsche, 1981; Denardin e Freire, 1990; Tomazoni et al., 2005; Prado e Nóbrega, 2005; Lino, 2010; Franco et al., 2012; Didoné et al., 2015; Pasquato e Tomazoni, 2016) realizados em unidades pedológicas semelhantes às da nossa área de estudo. Utilizou-se o mapa de classificação dos solos, baseado no levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul – escala 1:750.000 (BRASIL, 1973), identificando-se, na área de estudo, as classes de Neossolo (Unidade de Mapeamento Guassupi – $K=0,0328$); Argissolo (Unidades de Mapeamento Tuia – $K=0,02857$ e Júlio de Castilhos – $K=0,03119$); Latossolo (Unidades de Mapeamento Cruz Alta – $K=0,02078$ e Passo Fundo – $K=0,0226$) e Chernossolo (Unidade de mapeamento Ciriaco-Charrua – $K=0,0454$).

O fator LS foi calculado por meio do Modelo Digital de Elevação (MDE), obtido por meio do Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS adaptado ao Estado do RS por Weber et al., 2004. A partir do MDE foi realizado procedimento metodológico baseado em Moore e Burch (1986) e Desmet e Govers (1996), calculando-se em cada pixel os valores de comprimento de rampa e declividade.

Os valores do fator C basearam-se em trabalhos de Wischmeier e Smith, 1978; Stein et al., 1987; Castro e Valério Filho, 1997; Fujihara, 2002; Costa et al., 2005; Lino, 2010 e Didoné et al., 2015. Na bacia analisada, foram elaborados diferentes cenários de uso do solo, criando distintos *rasters* para o parâmetro C da USLE. A construção de cada cenário baseou-se em manter ($C=0$) para as áreas urbanas e de recursos hídricos adotando-se como critério de que nessas áreas não há perdas de solo na superfície e porque seu uso deve ser mantido. No restante de toda a área da bacia, cada cenário considerou que a bacia está coberta com apenas um tipo de uso. Foram concebidos cinco cenários, em função dos diferentes valores do parâmetro C, considerando toda bacia com o uso:

- I) atual do solo (C com diferentes valores em função de cada uso),
- II) de agricultura com rotação de Soja/Pastagem/Soja ($C = 0,01550$),
- III) de reflorestamento ($C = 0,03270$),
- IV) de floresta nativa ($C = 0,00942$) e

V) campestre ($C = 0,08285$).

Quanto à avaliação das práticas conservacionistas, adotou-se o valor de 0.5, referente à prática de plantio em contorno nas áreas com plantios agrícolas, e o valor de 1 para as demais, conforme valores referenciados por Bertoni e Lombardi Neto (2010).

Em seguida, aplicou-se o modelo USLE, pela intersecção dos *rasters*. Os resultados foram mapas de influência de cada fator, função dos diferentes cenários. A partir dos resultados do modelo, procedeu-se a categorização dos potenciais de perdas de solo conforme metodologia de Ribeiro (2006), que considera:

- 1) 0-1 t.ha⁻¹.ano⁻¹ – muito baixa;
- 2) 1-10 t.ha⁻¹.ano⁻¹ – baixa;
- 3) 10-50 t.ha⁻¹.ano⁻¹ – baixa a moderada;
- 4) 100-500 t.ha⁻¹.ano⁻¹ – moderada a forte;
- 5) 500-1.000 t.ha⁻¹.ano⁻¹ – forte;
- 6) 1.000-5.000 t.ha⁻¹.ano⁻¹ – muito forte;
- 7) >5.000 t.ha⁻¹.ano⁻¹ – extrema.

Portanto, a ideia foi reclassificar as áreas em aptas e não aptas ao uso testado conforme dois critérios limites adotados como máximo aceitável de perdas. No estudo de caso, utilizaram-se 20 e 50 t.ha⁻¹.ano⁻¹, valores sugeridos a título de exemplificação para o teste da metodologia desta pesquisa.

A segunda etapa da proposta metodológica consistiu na construção de duas estratégias de análise. A primeira foi construção de um mapa temático, considerando uma ordem prioritária de usos na bacia, onde o uso mais perdulário foi analisado primeiro (Roteiro de Análise Hierárquica Entre Usos). Identificam-se, nesse mapa, as áreas que apresentam perdas potenciais de solo maiores que um limite adotado. Nessas áreas, não aptas para o primeiro uso, então foram identificadas quais parcelas estão aptas para o uso de segundo maior potencial de perdas de solo e quais não estão, e assim sucessivamente considerando a ordem decrescente de C, até chegar ao uso de menor perda (menor C). Em cada etapa, as áreas não aptas para um uso passam para etapa seguinte de teste sugerindo-se um uso de menor perda, ou seja, essas áreas não aptas ficam disponíveis para planejamento de outros usos.

O roteiro de planejamento de uso do solo com estratégia de análise hierárquica entre usos foi:

- 1) Escolha de um limite de perda de solo – critério (mais restritivo à perda potencial de solo).
- 2) Hierarquização de usos do solo (C

- decrecente) em função das condições limitantes de perda de solo estipulada.
- 3) Criação do Mapa com uso mais perdulário (> restritivo ao critério) com vistas à variável erosão: identificação das áreas não aptas a serem estudadas nas etapas seguintes.
 - 4) Criação dos Mapas com os demais usos, testando novo uso para as áreas não aptas de cada etapa anterior, sucessivamente.
 - 5) Criação de mapa com localização de APP's, respeitando corpos hídricos e declividades conforme Código Florestal (Lei nº 12.651/2012).

Uma segunda estratégia para utilização do modelo para planejamento consistiu na construção de mapas que correspondem a cenários com áreas da bacia aptas a um determinado uso, segundo o critério de classificação utilizado, e o seu cruzamento com o mapa de uso atual (Roteiro de Análise por Uso). Dessa maneira, foi possível identificar áreas de conflitos na bacia, segundo o critério de limite de perdas potenciais de solo. Neste artigo, a título de exemplo, apresenta-se a aplicação realizada para o cenário de uso II, considerando toda bacia com uso de agricultura com rotação de soja-pastagem-soja.

O roteiro de planejamento de uso do solo com estratégia de análise por uso foi:

- 1) Escolha de um limite de perda de solo – critério (mais restritivo à perda potencial de solo).
- 2) Escolha de um uso de solo para análise.
- 3) Sobreposição do mapa de Uso Atual com Mapa de Uso escolhido para análise:
 - a) Áreas existentes sem conflito, são as áreas cujas perdas atuais estão dentro do limite estabelecido;
 - b) Áreas de conflito, são as áreas cujas perdas potenciais infringem os limites definidos;
 - c) Áreas Potenciais, são áreas classificadas como de conflito no uso atual, mas que podem ser convertidas ao uso pretendido, sem infringir os limites estabelecidos;
 - d) Áreas não aptas para determinado uso, são as áreas que sobram e que,

cujo uso não está em conformidade com o critério limitante de perda de solo.

- 4) Criação de mapa com localização de APP's, respeitando corpos hídricos e declividades conforme Código Florestal (Lei nº 12.651/2012).

A partir dos valores obtidos de perdas de solo nas diferentes categorias, procedeu-se o teste de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e homogeneidade de Bartlett, com o propósito de verificar a homogeneidade das variâncias e das médias, visando o critério da confiabilidade nos resultados processados.

Resultados e discussão

Um exemplo de planejamento de uso da terra pela estratégia de hierarquização de usos em função da condição de perda de solo, como resultado da aplicação dessa estratégia, pode ser observado nos mapas da Figura 2. Os mapas resultantes mostram as áreas aptas e as não aptas para determinados usos em relação a variável erosão, para dois critérios de limites de perdas potenciais de solo: 20 e 50 t.ha⁻¹.ano⁻¹ em diferentes cenários de uso do solo.

A informação que se obtém dessa estratégia pode ser utilizada para responder à pergunta: quais áreas são aptas para um determinado uso, segundo um critério de limite de perdas? Para isso, no mapa proposto, verificam-se as áreas que podem receber um determinado uso, mas que podem receber também quaisquer outros usos com C menor. Ou seja, por meio desta proposta de avaliação, consegue-se verificar quais usos são mais adequados para cada local, sempre considerando a variável perda de solo e o limite de perdas estabelecido. No cenário atual, existem muitas discussões sobre a influência do uso da terra na erosão do solo. A maioria dos estudos conclui que o uso do solo influencia tanto os resultados quanto as características da erosão do solo, sendo que diferentes estratégias de uso da terra impactam o grau de erosão do solo de forma diferente (Pham et al., 2018).

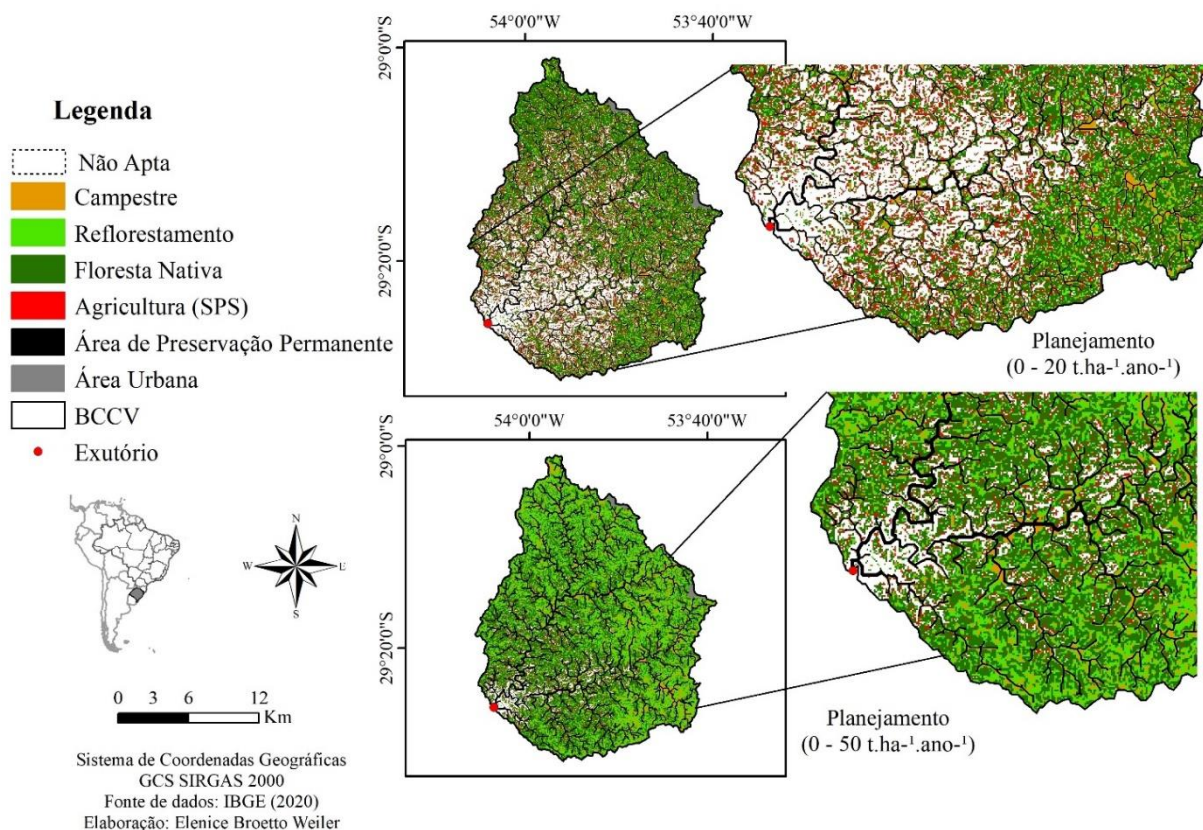


Figura 2. Mapas de localização de áreas para planejamento em relação a variável erosão para limites de 20 e 50 t.ha⁻¹.ano⁻¹, para diferentes cenários de uso do solo para a Bacia Cachoeira Cinco Veados, RS.

O critério de limites de perdas empregado é apenas um exemplo de como pode ser planejada a área de estudo. Cada técnico irá escolher um limite de classe para o planejamento, respeitando as características de cada área. Quanto mais restritivo forem os valores aceitáveis para perdas de solo, maiores serão os percentuais de áreas não aptas e que devem ser replanejadas em cada uso.

O resultado das reclassificações das áreas não aptas em cada etapa de construção dos mapas de planejamento (Figura 1) pode ser analisado na Tabela 1. A área máxima na bacia para o uso campestre, por exemplo, fica limitada a 13,5%, segundo o critério de limite de perdas de 20 t.ha⁻¹.ano⁻¹. Para o critério menos restritivo (50 t.ha⁻¹.ano⁻¹), a máxima área que sustenta esse uso é de 21,1% da bacia. Sabe-se que o uso Campestre é o mais restritivo tendo por base o fator de uso do solo. Dessa forma, o uso campestre, associado aos tipos de solo com altas concentrações de argila nas camadas superiores, aumenta o escoamento da água e, consequentemente, a erodibilidade do solo (Falcão et al., 2020; Han et al., 2021).

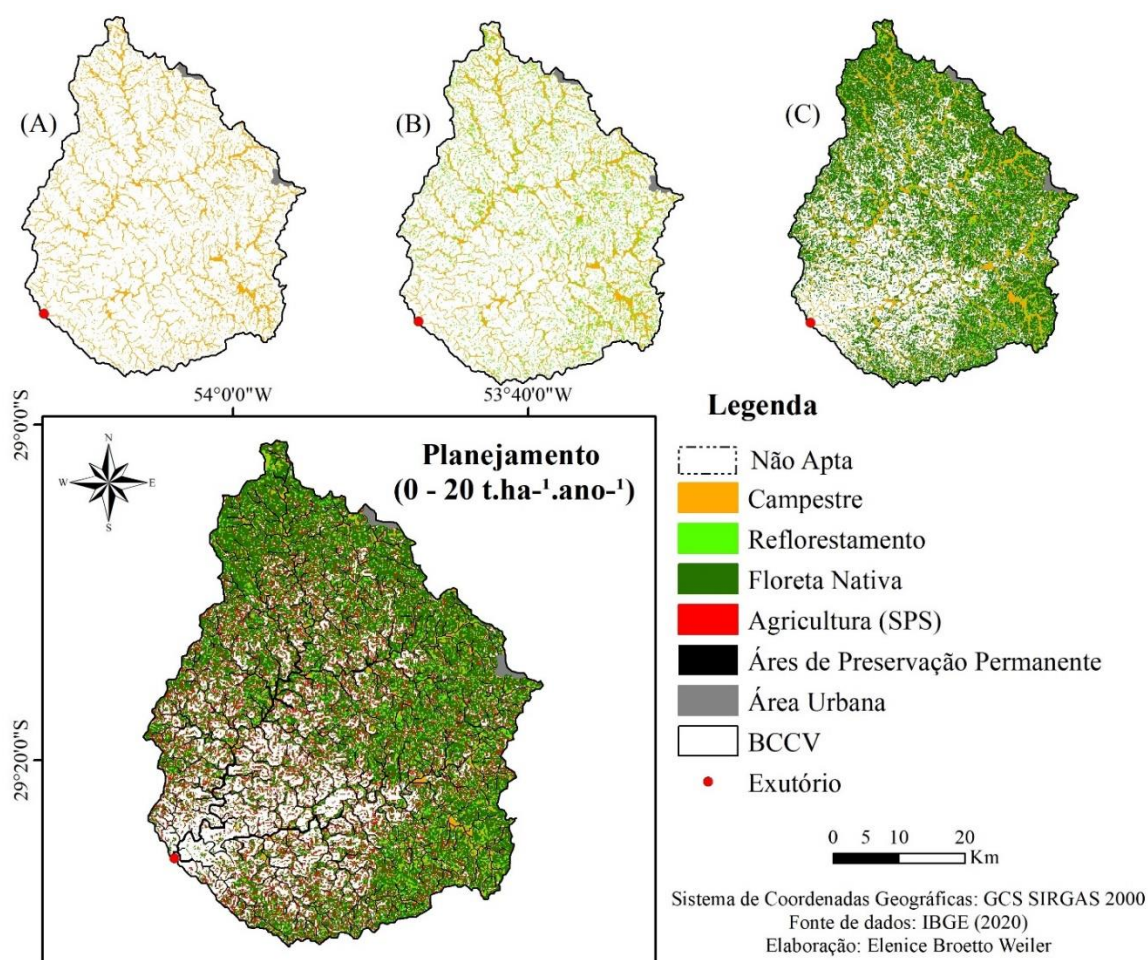
As áreas que após estes testes não

receberam um uso (áreas em branco), segundo o critério de limite de perda potencial de solo, são aquelas que não têm aptidão para esses usos e devem ser analisadas quanto a outras estratégias de usos; são as áreas que nos mapas são identificadas como “Não Apta”. Na Figura 3, encontra-se um passo a passo da construção desta estratégia para um limite adotado de 20 t.ha⁻¹.ano⁻¹.

O exemplo a seguir refere-se à aplicação da segunda estratégia de planejamento de uso do solo proposta: análise por tipo de uso. Na Tabela 2, está representada a análise do uso com agricultura tendo como sistema rotativo a soja, no verão, e pastagem, no inverno. As duas primeiras linhas correspondem às áreas para uso atual que, confrontados com o mapa de potencial de erosão do uso, estão em conflito e sem conflito segundo o critério de limites de perda de solo. As demais linhas representam a área da bacia ocupada com outros usos, que têm potencial para o uso em análise. Aquelas áreas que, pelo critério limitante de perda de solo, não toleram o uso avaliado estão identificadas como áreas não aptas.

Tabela 1. Reclassificação de Áreas com diferentes usos do solo para uso em planejamento em cada etapa do processo de construção do mapa de planejamento, Bacia Cachoeira Cinco Veados, RS.

USLE (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)		Cenário Atual		Agricultura (SPS)		Reflorestamento		Floresta Nativa		Campestre	
		Área									
		km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Apta	(0-20)	917,6	59,5	1178,2	76,4	328,2	21,3	1001,1	64,9	208,2	13,5
Não apta	(20->5.000)	624,3	40,5	363,7	23,6	1213,7	78,7	540,8	35,1	1333,7	86,5
Apta	(0-50)	1096,1	71,1	1474,8	95,6	878,5	56,9	1442,3	93,5	326,1	21,1
Não apta	(50->5.000)	445,8	28,9	67,1	4,4	663,4	43,1	99,6	6,5	1215,8	78,9

Figura 3. Mapas com produto do diagnóstico de planejamento elaborado como estratégia metodológica para estudo de potencialidade de uso do solo sob critério de 20 t.ha⁻¹.ano⁻¹ de perda potencial de solo, para a Bacia Cachoeira Cinco Veados, RS.

Partindo de um limite de 20 ou 50 t.ha⁻¹.ano⁻¹ de perdas potenciais de solo, a leitura da tabela pode ser feita da seguinte maneira: as áreas classificadas como '*Existentes sem conflito*' são aquelas que atuais na bacia e que estão dentro do limite tolerável da perda de solo. Áreas '*Existentes com conflito*' são as áreas presentes na bacia que não deveriam estar com uso de Agricultura - SPS.

Áreas nominadas como '*Potencial*' são as áreas que são compatíveis para o uso com Agricultura - SPS, e que atualmente estão sendo usadas para outro uso, e áreas nominadas como '*Não aptas*' são aquelas que não são adequadas para o uso testado, segundo critério adotado de tolerância para perda de uso do solo e que devem ser reavaliadas para outros usos com menor potencial de perda de solo. Ressalta-se

que tanto as áreas nomeadas de conflito como as não aptas são áreas não compatíveis para Agricultura – SPS, neste exemplo.

Conforme destacado em Han et al. (2021), a identificação de áreas vulneráveis à erosão do solo é de extrema importância para o desenho e implementação de práticas adequadas de

conservação do solo e da água para controlar a erosão do solo e a migração de nutrientes resultante. Ao verificar a vulnerabilidade ao uso do solo do município de Francisco Sá, dos Santos e Almeida (2019) contataram que, quanto maior a densidade de cobertura vegetal, menor será o processo de erosão do solo.

Tabela 2. Distribuição de áreas conflitantes, potenciais e não aptas ao uso de solo para agricultura – soja/pastagem/soja e reflorestamento sob critérios limitantes de perdas potenciais de solo de 20 e de 50 t.ha⁻¹.ano⁻¹ para a Bacia Cachoeira Cinco Veados – RS.

Área (km ²)	Planejamento de Áreas	
	Critério de Análise	
	Até 20 (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Até 50 (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)
	Agricultura (SPS)	
Existente sem conflito	832,54	971,22
Existente com conflito	169,89	31,22
Potencial	175,74	472,35
Não aptas	363,73	67,12

Na Figura 4 encontra-se, para o critério limitante de 20 t.ha⁻¹.ano⁻¹ de perdas potenciais de solo, a exemplificação da estratégia de planejamento por meio do Roteiro de Análise por Uso, em que é possível identificar áreas de conflitos na bacia em relação a variável erosão.

A partir dessas análises, é possível a construção de um banco de dados, em que o planejador vinculará informações pertinentes aos processos erosivos de uma determinada bacia hidrográfica ao conjunto de variáveis para tomada de decisão e gestão de uma área. Essa gestão, baseada na integração dos aspectos físico-naturais, viabiliza a gestão do território (Nicolau, 2018).

Em função de diferentes condições naturais e histórias de desenvolvimento socioeconômico de diferentes regiões, as características da erosão do solo também são variadas, e as principais causas da erosão do solo, os riscos e o foco da governança em diferentes regiões não são iguais (Gomes et al., 2020; Walia et al., 2020). Nesse sentido, essas indicações são importantes, de modo que as estratégias de uso e ocupação da terra sejam de formas sustentáveis e aliadas às políticas agrícolas (Marques, 2019), pois em muitas áreas onde ocorre erosão do solo são justamente aquelas com falta de gestão e sem práticas de conservação (Tavares et al., 2019; Miranda et al., 2019).

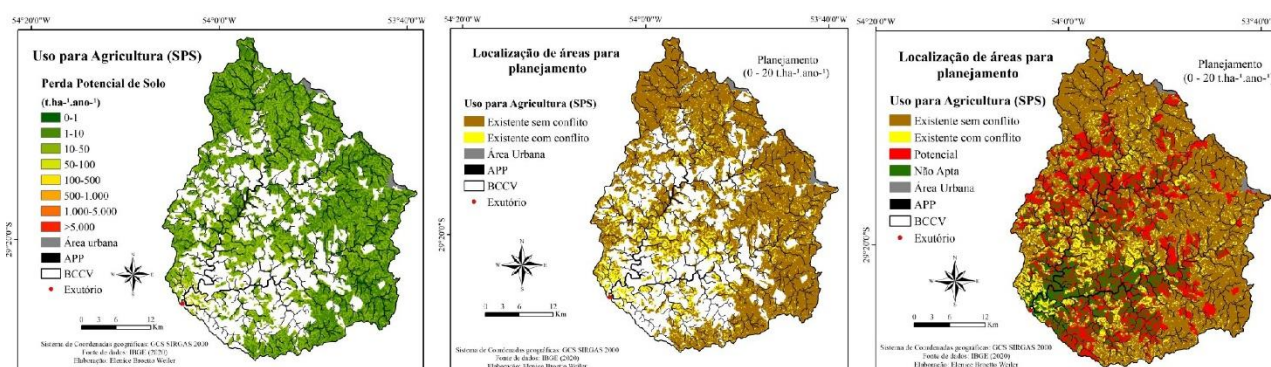


Figura 4. Mapas com produto do diagnóstico de planejamento elaborado como estratégia metodológica para estudo de potencialidade de uso do solo com Agricultura – SPS sob critério de 20 t.ha⁻¹.ano⁻¹ de perda potencial de solo, para a Bacia Cachoeira Cinco Veados, RS.

Conclusão

Neste artigo apresentamos duas estratégias metodológicas para planejamento de uso do solo considerando critérios de limites de perdas potenciais de solo por meio do emprego do modelo USLE. Da aplicação das duas estratégias propostas, conclui-se que:

- I) Ao utilizar a USLE e seus parâmetros espacializados como ferramenta no planejamento de bacias, é possível analisar cenários em função de diferentes usos dos solos, estabelecer um limite de perda potencial de solo e, então, classificar as áreas em “aptas” e “não aptas” para determinado uso.
- II) Essa estratégia de organização permite identificar, quantificar e espacializar as áreas em conformidade com limite de perda de solo potencial e apontar aquelas que não toleram o uso testado, informação útil aos tomadores de decisão quando em estudos de planejamento regional.
- III) A escolha do critério limitante de perda potencial de solo a ser adotado dependerá de cada região de estudo, do objetivo de cada trabalho e da escala de análise para cada projeto.
- IV) A aplicação das estratégias metodológicas propostas favorece o processo de obtenção de informações para subsidiar o manejo dos recursos naturais, além de subsidiar a elaboração de planos de bacias, de zoneamento econômico-ecológico, de planos de irrigação e conservação ambiental, entre outros.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF). Também pelo apoio financeiro à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - (Capes), código financeiro 001, ao Conselho Nacional Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação Estadual de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (Fapergs).

Referências

- Almeida, M.C., Araujo, J.K.S., Ribeiro Filho, M.R., Souza Júnior, V.S., 2019. Relief position and soil properties under continuous banana cropping in subhumid climate in Northeast Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 43, e0180207. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20180207>
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2018. Hidro Web: Sistema de Informações Hidrológicas. Brasília/DF. Disponível: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>.
- Avanzi, J.C., Viola, M.R., Mello, C.R., Giongo, M.V., Pontes, L.M., 2019. Modeling of the rainfall and R-factor for Tocantins State, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 43, e0190047. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs2019004>
- Bagio, B., Bertol, I., Wolschick, N.H., Schneiders, D., dos Santos, M.A.N., 2016. Water erosion in different slope lengths on bare soil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 41, e0160132. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs2016013>
- Bastos, F., Reichert, J.M., Minella, J.P.G., Rodrigues, M.F., 2021. Strategies for identifying pollution sources in a headwater catchment based on multi-scale water quality monitoring. *Environmental Monitoring and Assessment* 193, 169. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08930-5>
- Becker, A.G., Moraes, B.S., Menezes, C.C., Loro, V.L., Santos, D.R., Reichert, J.M., Baldissarroto, B., 2009. Pesticide contamination of water alters the metabolism of juvenile silver catfish, *Rhamdia quelen*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 72, 1734–1739. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2009.01.006>
- Beniaich, A., Silva, M.L.N., Guimarães, D.V., Bispo, D.F.A., Avanzi, J.C., Curi, N., Pio, R., Dondeyne, S., 2020. Assessment of soil erosion in olive orchards (*Olea europaea* L.) under cover crops management systems in the tropical region of Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 44, e0190088. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20190088>
- Bertoni, J., Lombardi Neto, F., 2010. Conservação do Solo. Ícone, São Paulo.
- Bispo, D.F.A., Batista, P.V.G., Guimarães, D.V., Silva, M.L.N., Curi, N., Quinton, J.N., 2020. Monitoring land use impacts on sediment production: a case study of the pilot catchment from the Brazilian program of payment for environmental services. *Revista Brasileira de*

- Ciência do Solo 44, e0190167. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20190167>
- BRASIL. Lei n. 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.ºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n.ºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n.º 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 mai. 2012. Seção 1, p. 1.
- BRASIL. Levantamento do reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul. Ministério da Agricultura/Divisão de Pesquisas Pedológicas. Recife, 1973. 431 p. (Boletim Técnico 30).
- Braz, A.M., Santos, K.P.M.G., Julio, V.A., 2014. Uso do geoprocessamento para avaliação da susceptibilidade erosiva da bacia hidrográfica do Córrego Ypê-Ilha Solteira/SP. Fórum Ambiental da Alta Paulista 10. <http://dx.doi.org/10.17271/198008271022014863>
- Cândido, B.M., James, M., Quinton, J., Lima, W., Silva, M.L.N., 2020. Sediment source and volume of soil erosion in a gully system using UAV photogrammetry. Revista Brasileira de Ciência do Solo 44, e0200076. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20200076>
- Carvalho, M.A.R., Miranda, J.H., Duarte, S.N., Carvalho, L.C.C., 2012. Escoamento superficial na interação: cobertura vegetal e práticas de controle de erosão. Engenharia Agrícola 32, 1116-1125. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162012000600013>
- Cassol, E.A., Martins, D., Eltz, F.L.F., Lima, V.S., Bueno, A.C., 2007. Esosividade e padrões hidrológicos das chuvas de Ijuí (RS) no período de 1963 a 1933. Revista Brasileira de Agrometeorologia 15, 220-231. <http://www.sbagro.org/files/biblioteca/3998.pdf>
- Cassol, E.A., Silva, T.S., Eltz, F.L.F., Levien, R., 2018. Soil erodibility under natural rainfall conditions as the K factor of the universal soil loss equation and application of the nomograph for a subtropical Ultisol. Revista Brasileira de Ciência do Solo 42, e0170262. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170262>
- Castro, A.G., Valério Filho, M., 1997. Simulação da expectativa de perdas de solo em microbacia sob diferentes manejos Florestais. Revista Brasileira de Ciência do Solo 21, 419-426. <https://doi.org/10.1590/S0100-6916199700030001>
- Costa, T.C.C., Lumberras, J.F., Zaroni, M.J., Naime, E.J., Guimarães, S.P., Uzêda, M.C., 2005. Estimativas de perdas de solo para microbacias hidrográficas do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 78)
- Denardin, J.E., Freire, O., 1990. Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990
- Denardin, J.E., Wunsche, W.A., 1980. Erodibilidade de um Latossolo Vermelho escuro. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., 1981, Recife. Anais... Recife: UFRPE, 1980. p. 219.
- Desmet, P.J., Govers, G., 1996. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. Journal of Soil and Water Conservation 51, 427-433. <https://www.jswnonline.org/content/51/5/427>
- Devatha, C.P., Deshpande, V., Renukprasad, M. S., 2015. Estimation of soil loss using USLE Model for Kulhan watershed, Chattisgarh - A case study. Aquatic Procedia 4, 1429-1436. <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.185>
- Didoné, E.J., Minella, J.P.G., Merten, G.H., 2015. Quantifying soil erosion and sediment yield in a catchment in southern Brazil and implications for land conservation. Journal of Soils and Sediments 15, 2334-2346. <https://doi.org/10.1007/s11368-015-1160-0>
- Didoné, E.J., Minella, J.P.G., Reichert, J.M., Merten, G.H., Dalbianco, L., Barros, C.A.P., 2014. Impact of no-tillage agricultural systems on sediment yield in two large catchments in Southern Brazil. Journal of Soils and Sediments 14, 1287-1297. <https://doi.org/10.1007/s11368-013-0844-6>
- Dos Santos, M.T.P., Almeida, M.I.S., 2019. Vulnerabilidade da Paisagem à Perda de Solos do Município de Francisco Sá –MG. Revista Cerrados 17, 290-311. <https://doi.org/10.22238/rc2448269220191702290311>
- Ebling, E.D., Reichert, J.M., Peláez, J.J.Z., Rodrigues, M.F., Valente, M.L., Cavalcante, R.B.L., Reggiani, P., Srinivasan, R., 2021. Event-based hydrology and sedimentation in paired watersheds under commercial eucalyptus and grasslands in the Brazilian Pampa biome. International Soil and Water Conservation Research 9, 180-194.

- <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.10.008>
- El Jazouli, A., Barakat, A., Khellouk, R., Rais, J., El Baghdadi, M., 2019. Remote sensing and GIS techniques for prediction of land use land cover change effects on soil erosion in the high basin of the Oum Er Rbia River (Morocco). *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 13, 361-374. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.12.004>
- Falcão, C.J.L.M., Duarte, S.M. de A., Da Silva Veloso, A., 2019. Estimating potential soil sheet Erosion in a Brazilian semiarid county using USLE, GIS, and remote sensing data. *Environmental Monitoring and Assessment* 192, 47. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7955-5>
- Ferreto, D.O.C., Reichert, J.M., Lopes Cavalcante, R.B., & Srinivasan, R., 2021. Water budget fluxes in catchments under grassland and Eucalyptus plantations of different ages. *Canadian Journal of Forest Research* 51, 513–523. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0156>
- Ferreto, D.O.C., Reichert, J.M., Lopes Cavalcante, R.B., Srinivasan, R., 2021. Rainfall partitioning in young clonal plantations Eucalyptus species in a subtropical environment, and implications for water and forest management. *International Soil and Water Conservation Research* 2021, e-First. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.01.002>
- Franco, Â.M.P., Cassol, E.A., Pauletto, E.A., Inda, A.V., 2012. Erodibilidade do Solo em entressulcos determinada experimentalmente e por Modelos Matemáticos em um Argissolo Vermelho. *Revista Brasileira Agrociência* 18, p175-187. <https://doi.org/10.18539/cast.v18i2.2561>
- Freire, P.M.R. 2020. Produção de sedimentos na microbacia do córrego seco em Tabapuã – SP. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista em Franca, Jaboticabal, São Paulo, 2020. 78 p.
- Fujihara, A.K., 2002. Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa microbacia do Oeste Paulista com suporte de geoprocessamento. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. 118 f.
- Gomes, D.J.C., Da Silva, L.P., De Lima, A.M.M., 2020. Vulnerabilidade Ambiental na Sub-Bacia do Médio Tapajós (AM-PA). *Revista Geonorte* 11, 71-89. DOI: 10.21170/geonorte.2020.V.11.N.38.71.89
- Gottstein, P., Borges Junior, M.A., Arantes, E.J., 2019. Uso de sistema de informação geográfica para determinação do potencial erosivo de bacias hidrográficas: estudo de caso na bacia do Rio do Campo/PR. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais* 10, 352-367. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.003.0030>
- Graça, C.H., Passig, F.H., Kelniar, A.R., Piza, M.A., Carvalho, K.Q., Arantes, E.J., 2015. Multitemporal analysis of estimated soil loss for the river Mourão watershed, Paraná-Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 75, 120-130. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.00613suppl>
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020. Geociências. Brasil. Disponível: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso: 20 jan. 2020.
- Han, X., Xiao, J., Wang, L., Tian, S., Liang, T., Liu, Y., 2021. Identification of areas vulnerable to soil erosion and risk assessment of phosphorus transport in a typical watershed in the Loess Plateau. *Science of The Total Environment*, 758. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143661>
- Kaiser, D.R., Sequinatto, L., Reinert, D.J., Reichert, J.M., Rheinheimer, D.S., Dalbianco, L., 2015. High nitrogen fertilization of tobacco crop in headwater watershed contaminates subsurface and well waters with nitrate. *Journal of Chemistry* 2015, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2015/375092>
- Lino, J.S., 2010. Evolução do Sistema Plantio Direto e produção de sedimentos no Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010. 118 f.
- Mauri, E.N.E., Viola, M.R., Norton, L.D., Owens, P.R., Mello, C.R., Pinto, L.C., Curi, N., 2020. Hydrosedimentological modeling in a headwater basin in Southeast Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 44, e0200047. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20200047>
- Marques, J.F., 2019. Custos da erosão do solo em razão dos seus efeitos internos e externos à área de produção agrícola. *Revista de Economia e Sociologia Rural* 36, 61-80, 2019. <https://www.revistasober.org/journal/resr/article/5da2a1e00e882523472371d3>
- Medeiros, G.O.R., Giarolla, A., Sampaio, G., Marinho, M.A., 2016. Diagnosis of the accelerated soil erosion in São Paulo State (Brazil) by the soil lifetime index methodology. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 40, e0150498. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20150498>

- Miranda, T.B., Rodrigues, A.C.F., Silva, C.W.G., Rodrigues, E.S., Galvão, S.R.S., 2019. Aptidão Agrícola das terras do Município de Salgueiro/PE: estudo comparativo entre o uso potencial e atual. In: XIV Jornada de Iniciação Científica e Inovação Tecnológica, VIII Jornada de Trabalhos de Extensão e VII Jornada de Iniciação à Docência do IF Sertão-PE. Anais... Campus Floresta, 2019.
- Moore, I.D., Burch, G.J., 1986. Modeling erosion and deposition: Topographic effects. *American Society of Agricultural Engineers* 29, 1624-1640.
- Nicolau, R. de F., 2018. Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos da bacia hidrográfica do rio do Peixe - Goiás. *Caminhos de Geografia* 19, 285-296. <http://dx.doi.org/10.14393/RCG196620>
- Pham, T.G.; Degener, J.; Kappas, M., 2018. Integrated universal soil loss equation (USLE) and Geographical Information System (GIS) for soil erosion estimation in A Sap basin: Central Vietnam. *International Soil and Water Conservation Research* 6, 99-110. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2018.01.001>
- Panagos, P., Borelli, P., Meussburger, K., Alewell, C., Lugato, E., Montarella, L., 2015. Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale. *Land Use Policy* 48, 38-50. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.05.021>
- Pasquatto, M.C., Tomazoni, J.C., 2016. Estudo do processo erosivo laminar na bacia de captação do rio Barro Preto, em Coronel Vivida – PR. *Revista Brasileira de Geografia Física* 9, 555-570. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v9.2.p555-570>
- Prado, J.P.B., Nóbrega, M.T., 2005. Determinação de perdas de solo na bacia hidrográfica do córrego Ipiranga em Cidade Gaúcha, Estado do Paraná, com aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). *Acta Scientiarum Technology* 27, 33-42. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v27i1.1496>
- Reichert, J.M., Amado, T.J.C., Reinert, D.J., Rodrigues, M.F., Suzuki, L.E.A.S., 2016. Land use effects on subtropical, sandy soil under sandization/desertification processes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 233, 370-380. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.09.039>
- Reichert, J.M., Norton, L.D., 2013. Rill and interrill erodibility and sediment characteristics of clayey Australian Vertosols and a Ferrosol. *Soil Research* 51, 1-9. <https://doi.org/10.1071/SR12243>
- Reichert, J.M., Pellegrini, A., Rodrigues, M.F., Tiecher, T., Santos, D.R., 2019. Impact of tobacco management practices on soil, water, and nutrients losses in steeplands with shallow soil. *Catena* 183, 104215. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104215>
- Reichert, J.M., Rodrigues, M.F., Peláez, J.J.Z., Lanza, R., Minella, J.P.G., Arnold, J.G., Cavalcante, R.B.L., 2017. Water balance in paired watersheds with eucalyptus and degraded grassland in Pampa biome. *Agricultural and Forest Meteorology* 237-238, 282-295. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.02.014>
- Ribeiro, L.S., 2006. Análise qualitativa e quantitativa de erosão laminar no município de Campos dos Goytacazes/RJ através de técnicas de geoprocessamento. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2006. 139 f.
- Rios, M.L., Silva, A.J.P., Carvalho-Santos, V.L., 2020. Soil loss as a desertification risk indicator: mapping and simulation Salitre River Sub-Basin, Northeast Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 44, e0190159. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20190159>
- Rodrigues, M.F., Reichert, J.M., Burrow, R.A., Flores, E.M.M., Minella, J.P. G., Rodrigues, L.A., Oliveira, J. S. S., Cavalcante, R. B. L., 2018. Coarse and fine sediment sources in nested watersheds with eucalyptus forest. *Land Degradation & Development* 29, 2237-2253. <https://doi.org/10.1002/ldr.2977>
- Rodrigues, M.F., Reichert, J.M., Minella, J.P.G., Dalbianco, L., Ludwig, R.L., Ramon, R., Rodrigues, L.A., Borges Júnior, N., 2014. Hydrosedimentology of nested subtropical watersheds with native and eucalyptus forests. *Journal of Soils and Sediments* 14, 1311-1324. <https://doi.org/10.1007/s11368-014-0885-5>
- Schick, J., Bertol, I., Barbosa, F.T., Miquelluti, D. J., Cogo, N.P., 2017. Water erosion in a long-term soil management experiment with a Humic Cambisol. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 41, e0160383. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20160383>
- Schmidt, S., Tresch, S., Meusburger, K., 2019. Modification of the RUSLE slope length and steepness factor (LS-factor) based on rainfall experiments at steep alpine grasslands. *MethodsX* 6, 219-229. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.01.004>

- Silva, D.C.C., Filho, J.L.A., Sales, J.C.A., Lourenco, R.W., 2017. Identification of areas with soil loss above the tolerable using NDVI for calculating the C factor of USLE. *Raega - O Espaço Geográfico em Análise* 42, 72-85. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v42i0.45524>
- Silva, T.S., Cassol, E.A., Levien, R., Eltz, F.L.F., Schmidt, M.R., 2020. Long-term wheat-soybean successions affecting the cover and soil management factor in USLE, under subtropical climate. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 44, e0190180. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20190180>
- Siqueira Junior, P., Silva, M.L.N., Cândido, B.M., Avalos, F.A.P., Batista, P.V.G., Curi, N., Lima, W., Quinton, J.N., 2019. Assessing water erosion processes in degraded area using unmanned aerial vehicle imagery. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 43, e0190051. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20190051>
- Stein, D.P., Donzelli, P.L., Gimenez, A.F., Ponçano, W.L., Lombardi Neto, F., 1987. Potencial de erosão laminar, natural e antrópico, na bacia do Peixe - Paranapanema. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, 3., 1987, Marília. Anais... ABGE/DAEE, 1987. V.1, p. 105-135.
- Tavares, A.S., Spalevic, V., Avanzi, J.C., Alves, D., 2019. Modeling of water erosion by the erosion potential method in a pilot subbasin in southern Minas Gerais. *Semina* 40, 555-572. DOI: 10.5433/1679-0359.2019v40n2p555
- Thomaz, E.L., Fidalski, J., 2020. Interrill erodibility of different sandy soils increases along a catena in the Caiuá Sandstone Formation. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 44, e0190064. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20190064>
- Tomazoni, J.C., Mantovani, L.E., Bitemcourt, A. V.L., Rosa Filho, E.F., 2005. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do rio Anta Gorda (PR). *Estudos Geográficos* 3, 1-21.
- Tuchtenhagen, I.K., Hartwig, M.P., Nunes, M.C. M., Lima, C.L.R., Silva, T.P., Nachtigall, S.D., 2017. Estimativa da erosão hídrica por meio do modelo USLE na sub-bacia Santa Rita em Pelotas-RS. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais* 8, 88-96. <https://doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2017.003.0009>
- Valente, M.L., Reichert, J.M., Cavalcante, R.B.L., Minella, J.P.G., Evrard, O., Srinivasan, R., 2021. Afforestation of degraded grasslands reduces sediment transport and may contribute to streamflow regulation in small catchments in the short-run. *Catena* 204, 105371. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105371>.
- Valente, M.L., Reichert, J.M., Legout, C., Tiecher, T., Cavalcante, R.B.L., Evrard, O., 2020. Quantification of sediment source contributions in two paired catchments of the Brazilian Pampa using conventional and alternative fingerprinting approaches. *Hydrological Processes*, 34: 2965-2986. <https://doi.org/10.1002/hyp.13768>
- Volk, L.B.S., Cogo, N.P., 2014. Erosão Hídrica, em três momentos da cultura do milho, influenciada por métodos de preparo do solo e semeadura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 38, 565-574. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000200021>
- Walia, S., Singh, S., Babbar, R., Loshali, D.C., 2020. Prioritization of Soil Erosion Vulnerable Areas of Upper Patiala-Ki-Rao Catchment Located on Shivalik Hills. *Journal of the Geological Society of India* 95, 497-502. <https://doi.org/10.1007/s12594-020-1467-3>
- Weber, E., Hasenack, H., Ferreira, C.J.S., 2004. Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação. UFRGS Centro de Ecologia, Porto Alegre, 2004. Disponível: <<http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>>. Acesso: 10 jan. 2020.
- Weiler, E.B., Cruz, J.C., Reichert, J.M., Santos, F. D., Mantovanelli, B.C., Fantinel, R.A., Tamiosso, M.F., Baumhardt, E., 2019. USLE como ferramenta para planejamento de uso do solo: estudo de caso Bacia Cachoeira Cinco Veados, RS. In: Aguilera, J.G.; Zuffo, A.M. (Eds.), *A Preservação do Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável*. Atena Editora, Ponta Grossa, PR, pp. 249-262.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. USDA, Washington.
- Zola, F.P., Juvenal, F.M., 2016. Estudio de la erosión hídrica laminar de la tioc del ayllu sikuya del municipio de Llallagua. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais* 7, 76-81. <https://doi.org/10.6008/SPC21796858.2016.001.0006>