

**IMPLICAÇÕES DA COBERTURA VEGETAL E DA DECLIVIDADE DO TERRENO  
NAS PERDAS DE ÁGUA E SOLO POR EROSÃO**

Vitória Fenilli Vidaletti<sup>1</sup>, Deonir Secco<sup>1</sup>, Vitória Regina Morello Gongora<sup>1</sup>, Natasha Barchinski Galant Lenz<sup>1</sup>, Pablo Chang<sup>1</sup>, Fernando Luiz da Cruz Balena<sup>1</sup>, Carlos Henrique Fornasari<sup>1</sup>, Maikon Lucian Lenz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, Campus de Cascavel. Rua Universitária 2069, CEP: 85819-110, Bairro Jardim Universitário, Cascavel, PR. E-mail: vitória\_fenilli@hotmail.com, deonirsecco@unioeste.br, vi\_morello@hotmail.com, nah.bio@gmail.com, pablo-sdw@hotmail.com, fernando.balena@unioeste.br, carlos\_fornasari@hotmail.com, engenheiro.lenz@gmail.com

**RESUMO:** A erosão é uma forma de degradação do solo que pode causar sérios danos ambientais, como assoreamento e poluição das fontes de água. Quando não encontra barreiras para atingir o solo a chuva descarrega toda sua energia sobre os agregados do solo que sofrem desagregação e assim ocorre transporte de sedimentos, o que traz como consequência o entupimento dos poros, a dificuldade de infiltração da água e assim, um escoamento superficial. Estimativas das perdas de solo por erosão hídrica são fundamentais para avaliar os impactos dos diversos sistemas de produção adotados. O trabalho tem por objetivo fazer uma revisão de literatura sobre a influência da declividade do terreno e da cobertura vegetal sobre as perdas de água e solo por erosão em correlação com a modelagem matemática. Será abordado primeiramente a teoria do assunto e posteriormente discutido as implicações dessas variáveis nas perdas de solo e água. Um dos principais métodos para controlar a maior parte dessas perdas por erosão se dá com a adoção de uma boa cobertura vegetal do solo (palhada), principalmente para impedir a ocorrência da primeira fase da erosão, que é a desagregação das partículas do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** erosão, cobertura vegetal, declividade.

**IMPLICATIONS OF VEGETABLE COVERAGE AND LAND DECLIVITY IN  
LOSSES OF WATER AND SOIL BY EROSION**

**ABSTRACT:** Erosion is a form of soil degradation that can cause serious environmental damage, such as silting and pollution of water sources. When it doesn't find barriers to reach the soil, the rain discharges all its energy over the aggregates of the soil that undergo disintegration and thus sediment transport occurs, which results in the clogging of the pores, the difficulty of water infiltration and thus, a runoff superficial. Estimates of soil losses due to water erosion are essential to assess the impacts of the various production systems adopted. The aim of this paper is to review the literature on the influence of slope and vegetation cover on water and soil losses due to erosion in correlation with mathematical modeling. First, the theory of the subject will be approached and later the implications of these variables on soil and water losses will be discussed. One of the main methods to control most of these losses through erosion is with the adoption of a good vegetation cover of the soil (straw), mainly to prevent the occurrence of the first phase of erosion, which is the breakdown of soil particles.

**KEYWORDS:** erosion, vegetal cover, slope.

## INTRODUÇÃO

A erosão do solo vem sendo considerada um dos maiores problemas ambientais pois, além das perdas de solo e nutrientes, associa-se a inundações, assoreamento e poluição de corpos hídricos. Locais em que os processos erosivos são detectados a produtividade do solo é reduzida, e o excesso de água afasta os sedimentos, nutrientes e pesticidas, poluindo corpos d'água e assoreando-os (Bramorski e Crestana, 2020).

O manejo inadequado dos solos traz consequências ambientais imediatas, por desencadear a redução da biomassa nativa e da produtividade das culturas. A variabilidade do regime pluvial em conjunto à antropização do meio ambiente altera de forma negativa o uso do solo e promove a diminuição da infiltração da água, além de comprometer e intensificar a perda de solo agricultável e consequentemente assorear a rede de drenagem, de modo a afetar a dinâmica da água nas bacias, com reflexo na sua capacidade de gerar e manter um regime de escoamento, com bom grau de regularização (Ferreira, 2019).

Entre as diversas formas de erosão, a erosão hídrica atua fortemente na degradação dos solos agrícolas e ocorre de forma severa em áreas sob sistema anual de culturas, nas quais a superfície do solo permanece exposta, sazonalmente, as precipitações intensas (Bramorski e Crestana, 2020).

A erosão hídrica do solo consiste de uma série de transferências de energia e matéria provocadas por um desequilíbrio do sistema água, solo, cobertura vegetal, que resultam na perda progressiva de solo. A energia da chuva é aplicada à superfície do terreno e ao ultrapassar o limite de resistência ao cisalhamento, iniciam-se as transferências de matéria por processos de desestabilização dos agregados do solo, de movimentação e transporte de partículas e de sedimentação em zonas mais rebaixadas do relevo (Demarchi et al., 2019).

A duração, intensidade e energia cinética da precipitação interagem de forma direta com a superfície do solo, produzindo resultados distintos em decorrência do manejo adotado (Silva et al., 2019).

A topografia tem sua importância com relação à declividade e comprimento da encosta, sendo um fator determinante na velocidade dos processos erosivos. Isto porque relevos mais acidentados, com declividades mais acentuadas, favorecem a concentração e aumento de velocidade do escoamento superficial, aumentando sua capacidade erosiva (Dewes, 2019).

Como influência da erosão tem-se também a vegetação. Isto porque o clima será decisivo nas características naturais da cobertura vegetal, definindo o tipo de proteção oferecida

ao terreno. Esta proteção consiste na redução do escoamento superficial e na redução do impacto direto das gotas de chuva no solo, diminuindo assim a capacidade das águas de removerem e transportarem partículas do solo (Oliveira et al., 2018).

Solos com baixos teores de matéria orgânica, alta compactação, drenagem insuficiente, podem acelerar o processo de erosão dos solos além de limitar a produtividade agrícola e comprometer a sustentabilidade dos ecossistemas (Roque et al., 2018). Desse modo, a presença de matéria orgânica tem suma importância no controle da erosão, pois provoca um aumento na capacidade de infiltração do solo, resultando numa diminuição dos possíveis danos causados pela erosão.

A possibilidade de se efetuar a contabilidade de perdas de solo por erosão e entender os fatores que induzem mais fortemente esses valores é de extrema importância para o delineamento de práticas agrícolas de manejo que promovam a conservação dos recursos de solo (Lense et al., 2020). Tendo em vista que, a chuva é dos principais agentes ativos no processo da erosão hídrica, é de extrema importância avaliar a resposta do solo às diferentes precipitações.

Desta forma, modelos de simulação e estimativa de erosão são úteis, os quais, podem também ser usados para avaliar estratégias alternativas para melhorias no manejo e uso do solo, gestão de bacias hidrográficas, devido às demandas crescentes sobre a qualidade da água e da segurança das estruturas artificiais, sejam barragens, pontes, portos e sistemas de abastecimento de água em geral (Zheng et al., 2014).

Assim, o presente trabalho tem por objetivo fazer uma revisão de literatura sobre as implicações da cobertura vegetal e da declividade do terreno nas perdas de água e solo por erosão voltada para o seu cálculo mediante a modelagem matemática.

## **Erosão**

A erosão é um processo natural definido pelo desgaste, desprendimento e retirada das partículas do solo e pelo transporte sucedido pela ação da água, do vento e também por outros agentes (Bertoni e Lombardi neto, 2012).

Ocorre continuamente sobre a superfície terrestre e inicia-se quando a energia do vento, da chuva ou do escoamento superficial é maior que as forças de coesão que mantêm as partículas do solo juntas (Pereira, 2014).

A erosão hídrica, ocasionada pelas chuvas, pode ser contextualizada como o processo de desgaste da superfície terrestre pela ação da água, que destaca e remove o solo e o deposita

em outro local (Salomão et al., 2020), sendo responsável pela produção de sedimentos em uma bacia hidrográfica (Batista, 2016).

O processo erosivo descrito pode ser dividido nas seguintes fases: desagregação, transporte e deposição (Brady e Weil, 2013). A desagregação é a primeira fase do processo erosivo e consiste do desprendimento das partículas de solo da massa que as contém. O transporte, segunda fase do processo erosivo, consiste na transferência das partículas desagregadas do solo, de seu local de origem para outro. Já a deposição, é a terceira e última fase, consistindo na deposição do material que foi desagregado e transportado (Pruski, 2013).

Bertoni e Lombardi Neto (2012), dividem os fatores causadores da erosão em forças ativas e forças passivas. As ativas são representadas pelas chuvas, declividade, característica da vertente e a capacidade de infiltração do solo. Já as passivas pela resistência do solo a ação erosiva e a densidade da cobertura vegetal.

Dentre os fatores determinantes da erosão hídrica destacam-se as características do clima, do solo, da topografia e da vegetação. A ação desses fatores de maneira individualizada não possui a capacidade de provocar erosão, é justamente à interação entre eles que desencadeia os processos erosivos (Confessor, 2019).

Como o clima, solo e topografia não podem ser facilmente modificados, a cobertura do solo e o manejo das culturas assumem maior peso nesse aspecto. Desse modo, vale ressaltar a importância de se considerar o manejo do solo nesse processo de desencadeamento da erosão visto que, o manejo incorreto do solo tem acelerado e potencializado os processos erosivos em determinados ambientes (Zonta et al., 2012).

Entre os efeitos ocasionados pela erosão hídrica, está a redução dos teores de matéria orgânica e dos nutrientes do solo, assim como, a degradação de sua estrutura (Dotterweich, 2013). Teores mais elevados de matéria orgânica condicionam uma melhor estruturação do solo, graças à sua ação cimentante, aumentando a porosidade, a permeabilidade e a aeração do solo, resultando numa diminuição dos possíveis danos causados pela erosão.

A erosão do solo agrava sua degradação, e vice-versa. O processo erosivo resulta da combinação de fatores naturais e antrópicos como, erodibilidade do solo, erosividade da chuva, características do terreno e cobertura do solo, além de aspectos econômicos, sociais e políticos que influenciam no modo de ocupação, manejo e conservação dos solos (Demarchi, et al., 2019). A desagregação da estrutura do solo e a diminuição do teor de matéria orgânica e de nutrientes resultam na redução da profundidade do solo cultivável influenciando as condições de fertilidade e umidade disponível (Pereira, 2014).

Entre os principais fatores dos processos erosivos em áreas agrícolas destacam-se, a substituição da vegetação natural pelos agrossistemas e demais usos, o manejo incorreto dos solos produtivos, a exploração inadequada de terras marginais e, sobretudo, a falta de planejamento da ocupação (Ferreira, 2019).

Nesta perspectiva, o uso antrópico intensifica os processos erosivos, pois altera as condições naturais da cobertura vegetal e das propriedades dos solos, dificultando a infiltração, aumentando o escoamento da água e das partículas (Bertoni e Lombardi Neto, 2012). A compactação do solo, o baixo teor de matéria orgânica, a drenagem ineficiente, são condições que podem acelerar o processo de erosão dos solos (Ritter e Eng, 2012).

A erosão hídrica pode levar os solos agrícolas a perderem sua fertilidade natural e conseqüentemente a sua capacidade produtiva, acarretando um aumento de custos com a alimentação, assoreamento e diminuição do volume e da qualidade das águas (Dechen, 2015).

A quantificação da erosão é importante para determinar seu impacto ambiental. Tal quantificação pode ser realizada por intermédio da modelagem do processo, para o desenvolvimento de avaliações confiáveis de predições de perdas de solo, fator essencial para a gestão de programas e técnicas voltadas para o controle da erosão do solo (Jardim et al., 2020).

### **Modelos preditores de erosão**

O desenvolvimento de modelos preditores de erosão hídrica têm recebido grande atenção por parte de cientistas do solo, devido à dificuldade de medições diretas da erosão em campo (Batista, 2016).

Existem vários modelos para a predição da perda de solo, sendo eles empíricos e, ou, físicos. As utilizações destes modelos variam de acordo com as informações disponíveis para a área de estudo (Purcino, 2017). Os modelos empíricos ignoram a heterogeneidade dos dados de entrada, como características da chuva e tipos de solo. O modelo conceitual inclui uma descrição geral de processos da bacia hidrográfica, sem incluir os detalhes específicos das interações de processo. Os modelos físicos são baseados em soluções de equações físicas fundamentais que descrevem o fluxo de materiais tais como água, sedimentos e nutrientes gerados em uma bacia hidrográfica (Bezerra, 2011).

A primeira equação conhecida para se estimar a perda de solos foi publicada em 1940 por Zingg, e relacionava a perda de solo com a declividade e o comprimento da vertente (Pereira, 2014).

Foram acrescentados, posteriormente, fatores relacionados à influência da cobertura vegetal e as práticas conservacionistas. Incluíram ainda, os fatores de solo e de manejo, e por último o fator de chuva assim, a equação ficou conhecida como MUSGRAVE. Com a publicação do trabalho de Wischmeier e Smith (1965), a equação passou a ser denominada Universal Soil Loss Equation (USLE) (Ferreira, 2019).

A USLE é uma equação empírica utilizada para estimar erosão entressulcos e nos sulcos em função dos fatores que representam o clima, solo, a topografia e o uso e manejo do solo (Demarchi, 2019).

Posteriormente na sua versão revisada, a Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) utiliza os mesmos princípios empíricos da USLE, mas atenta-se ao fato de que o fator topográfico LS passa a considerar a influência da encosta ser convexa ou côncava. A Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) diferencia-se no fator erosividade da chuva, o qual foi substituído por informações do hidrograma gerado por um evento de precipitação. Neste caso, a MUSLE considera diretamente o escoamento sobre o solo causando erosão, diferentemente da USLE (Santos et al, 2014).

O Water Erosion Prediction Project (WEPP), é considerado um modelo semi-determinístico, determina as taxas de erosão e deposição de sedimentos por meio de equações relacionadas às teorias de infiltração, física do solo, hidráulica, mecânica da erosão e fisiologia vegetal (Barros, 2018).

O GeoWEPP se configura como um modelo de predição de erosão geo-espacial e supera a limitação do WEPP, pois permite o processamento de dados digitais como Digital Elevation Model (DEM), ortofotos, levantamentos de solos, mapas de uso do solo e dados de agricultura de precisão (Silva et al., 2015).

Outro modelo bem conhecido é o Soil and Water Assessment Tool (SWAT) que possui por objetivo a previsão do efeito das ações de uso e manejo do solo sobre os recursos hídricos, produção de sedimentos, produção de nutrientes e pesticidas, sendo aplicado em pequenas e grandes bacias hidrográficas (Souza, 2016).

Já o Limburg Soil Erosion Model (LISEM) é utilizado para simulação do comportamento hidrológico e transporte de sedimentos. É um modelo de base física que permite simular o comportamento hidrológico e o transporte de sedimentos durante e imediatamente após um evento único de chuva (Moro, 2011).

### **USLE (Universal Soil Loss Equation)**

A USLE é um modelo empírico de predição de processos erosivos em que a exigência de dados é menor se comparada aos modelos conceituais e de base física. É utilizada de acordo com as adaptações regionais, e exige um número pequeno de requerimentos, quando comparado ao solicitado para aplicação de modelos empíricos mais complexos (Alewell, 2019).

É dada pela equação abaixo,

$$A = R * K * LS * P$$

Em que,

A = Perda de solo média anual ( $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ );

R = Fator erosividade da chuva ( $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$ );

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

L = Fator comprimento de rampa (adimensional);

S = Fator de declividade de encosta (adimensional);

C = Fator de uso e manejo do solo (adimensional); e

P = Fator de práticas conservacionistas (adimensional).

O fator erosividade da chuva (R), representa o potencial natural da chuva em provocar erosão do solo, cuja definição física consiste do produto da energia cinética da chuva pela intensidade máxima consecutiva em 30 minutos. O fator K, erodibilidade dos solos, sendo então a susceptibilidade intrínseca da erosão em função de suas características químicas, físicas e pedológicas como textura, permeabilidade, matéria orgânica, material parental (Ferreira, 2019).

O fator LS, comprimento da rampa (L) e declividade (S) representa a relação entre as perdas de solo em uma área com comprimento de rampa e declividade quaisquer e as perdas de solo correspondentes em uma parcela padrão, caracterizada por 22,13 metros de comprimento com 9% de declive (Oliveira et al., 2015).

Quanto mais longo e íngreme for o declive, maior é a erosão (Rodrigues et al., 2017). Segundo Lepsch (2011), os fatores L (comprimento de rampa) e o fator adimensional S (declividade) influenciam a velocidade do escoamento superficial direto quando a capacidade de infiltração é excedida.

O fator de uso-manejo do solo (CP), é o grau de proteção média à erosão fornecida pelo uso e pelo manejo do solo (Amorim, 2010). O fator (C) varia de 0 (usos conservacionistas) a 1 (usos não conservacionistas) correspondendo, então, a relação esperada entre perdas de solo de um terreno que tenha qualquer cobertura vegetal, e as perdas de solo de um terreno de solo exposto (Corrêa et al., 2016).

O fator de uso-manejo do solo é o grau de proteção média à erosão fornecida pelo uso e pelo manejo do solo. O fator de práticas conservacionistas representa o efeito na erosão, relacionando a perda entre determinada prática conservacionista e a perda correspondente em uma cultura estabelecida morro abaixo. Esse é um fator fundamental para aplicação da USLE, uma vez que representa as condições que podem ser facilmente alteradas para conter a erosão do solo (Rodrigues et al., 2017).

Pereira (2014), denotou que, o Fator LS aumenta nas proximidades dos cursos hídricos influenciando de forma significativa no processo de erosão. O fator apresenta grande amplitude com valores baixos para as áreas localizadas nos interflúvios, visto que, o comprimento da vertente e a declividade são reduzidos nesses locais, e bastante elevados para áreas mais declivosas.

Aponta as interferências expressivas da declividade na determinação desse fator pois, as áreas com valores de LS elevados, entre 80 e 358 (adimensional), possuem declividades acentuadas com mais de 45%. Já, as áreas de relevo plano e suave ondulado, com declividades inferiores a 8%, possuem o LS menor que 20 (adimensional).

De acordo com as práticas conservacionistas, estima uma taxa máxima de erosão anual em  $49,2 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ . Em contrapartida, ao desconsiderar a existência de práticas de conservação, as perdas de solos atingiram  $78,5 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  (Pereira, 2014).

Silva et al. (2017), constatou que as áreas cobertas por matas foram responsáveis por manter as taxas de erosão menores que  $10 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  em 93,4% da área de estudo, enquanto que, as áreas cobertas por matas e área urbana foram responsáveis por manter os valores do fator C baixos para grande parte da área de estudo. As áreas que apresentaram taxas de erosão superiores a  $10 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  encontram-se em locais com atividades agrícolas e com altas declividades.

### **WEPP (Water Erosion Prediction Project)**

O Water Erosion Prediction Project (WEPP) é um programa de simulação de computador contínuo que prevê a perda de solo e deposição de sedimentos de escoamento superficial em encostas, perda de solo e deposição de sedimentos por escoamento concentrado em pequenos canais e deposição de sedimentos em represas (Huang, 2020).

Possui o objetivo de elaborar uma tecnologia para subsidiar o planejamento ambiental e a conservação da água e do solo, a fim de permitir a predição dos impactos resultantes de

práticas de manejo de terras usadas para produção agrícola, pastagens e áreas florestais na erosão (Pruski, 2013).

O WEPP é apresentado em três versões: encosta, malha e bacia hidrográfica. A versão para encosta é uma substituição direta da USLE, acrescentando-se a capacidade de estimar a deposição de sedimentos ao longo do terreno. A versão para bacias hidrográficas possibilita a determinação do desprendimento, transporte e deposição de sedimentos ao longo das diversas encostas até os cursos d'água. A versão malha é aplicável para áreas nas quais os limites não coincidem com os limites da bacia (Alcântara, 2018).

Além dos componentes de erosão, também inclui um componente climático que usa um gerador estocástico para fornecer informações meteorológicas diárias, um componente de hidrologia que é baseado em uma equação de infiltração de Green-Ampt modificada e soluções das equações de onda cinemática, um componente de balanço hídrico diário, um componente de decomposição de resíduos e crescimento de planta e um componente de irrigação (Huang, 2020).

Ferreira (2019), constatou, por meio do WEPP, a influência positiva da cobertura vegetal mata nativa e Campo/Pasto, na diminuição da energia cinética das gotas de precipitação e conseqüentemente na erosão hídrica ao utilizar declividades de 8 a 20% e 20 a 45%.

### **Simulador de chuva**

Há diversas técnicas para quantificar e estimar o escoamento superficial (ES) e a conseqüente perda de solo (PS) em função dos seus processos ou fatores condicionantes (Rodrigues et al., 2015). Joshi e Tambe (2010), utilizaram um simulador de chuva para medir o efeito da declividade e cobertura vegetal sobre o ES e a PS, observando os menores valores de ES e PS em parcelas com menor declividade e cobertura de capim e maiores em áreas declivosas com solo exposto.

Rodrigues et al. (2015), observaram que a chuva e a cobertura influenciaram significativamente o ES e a PS, explicando 89 e 87% das suas variâncias, respectivamente. As parcelas com solo exposto tiveram maiores ES e PS. Por outro lado, a declividade não teve influência significativa. Somente o ES explicou 97% da variância da PS. Isso, aliado à ausência de interações chuva correlacionada a cobertura nos modelos de predição, indica um controle da PS pela cobertura de maneira indireta por meio do controle do ES.

Li et al. (2014), observaram, em média, redução de cerca de 30% no ES e 80% na PS quando cobriram o solo com resíduos vegetais, em relação ao solo exposto.

Ferreira et al. (2010), por meio de um de um esquema fatorial, com quatro valores de cobertura do solo observaram que no tratamento sem cobertura a perda total de solo correspondente à declividade de 20% foi, em média, 1,37 vezes maior que a correspondente à declividade de 10%.

Na declividade de 10% a perda total de solo correspondente ao tratamento sem cobertura do solo foi, em média, 4 vezes maior que a correspondente ao tratamento com 1 ton.ha<sup>-1</sup> de palha e 16 vezes maior que a correspondente ao tratamento com 5 ton.ha<sup>-1</sup>. No tratamento com cobertura a perda total de solo correspondente ao tratamento com 1 ton.ha<sup>-1</sup> foi, em média, 4 vezes maior que a correspondente ao tratamento com 5 ton.ha<sup>-1</sup>.

Essa perda é ocasionada pela água da chuva simulada que não encontra barreiras para atingir o solo, descarrega toda sua energia sobre os agregados do solo que sofreram desagregação e que foram transportados por salpicamento e se depositaram em outro local, o que traz como consequência o entupimento dos poros (Stefanoski et al., 2013).

Esse entupimento dos poros causa um selamento superficial do solo, o que afeta a infiltração da água, de modo a aumentar a quantidade de água perdida por escoamento, e que junto com a mesma arrasta partículas do solo. Por isso, uma amostra com uma maior quantidade de matéria orgânica tem uma proteção maior do solo, pois a matéria orgânica além de servir como uma grande barreira que protege o solo contra o impacto da gota de chuva dissipa sua energia cinética, o que impede a desagregação e posterior entupimento dos poros e evita a formação de uma camada de selamento superficial (Melo et al., 2019).

Assim, a quantidade de água infiltrada acaba sendo maior, e as perdas por escoamento superficial, tanto de água como de solo menor.

## CONCLUSÕES

Tendo em vista que a erosão ocorre devida a falta de práticas conservacionistas e de um bom uso e manejo do solo, um dos principais métodos para controlar a maior parte dessas perdas por erosão se dá com a adoção de uma boa cobertura vegetal do solo (palhada), principalmente para impedir a ocorrência da primeira fase da erosão, que é a desagregação das partículas do solo.

A cobertura vegetal tem resultados benéficos quando relacionada à infiltração da água no solo, pois em um solo descoberto, a maior parte da água da chuva pode ser perdida por escoamento superficial.

Portanto, para quem busca uma prática agrícola com responsabilidade e sustentabilidade, fica evidente a necessidade da adoção de práticas conservacionistas adequadas para o controle da erosão, dentre as quais a proteção do solo pela cobertura vegetal, terraceamentos, plantios em contorno, cordões vegetados, realizados em conjunto para um proveitoso resultado.

## REFERÊNCIAS

ALCANTARA, G. H. **Erodibilidade em Sulcos e tensão cisalhante crítica de Latossolo com diferentes teores de óxidos de ferro**. Dissertação. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, 2018.

ALEWELL, C.; BORRELLI, P.; MEUSBURGER, K.; PANAGOS, P. Using the USLE: Chances, challenges and limitations of soil erosion modelling. **International Soil and Water Conservation Research**. v.7, p.203-225, 2019.

AMORIM, R. S. S.; DEMETRIUS, D. S.; PRUSKI, F. F.; MATOS, A. M. Avaliação do desempenho dos modelos de previsão da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para diferentes condições edafoclimáticas do Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.6, p.1046-1049, nov./dez. 2010.

BARROS, E. N. S.; VIOLA, M. R.; RODRIGUES, J. A. M.; MELLO, C. R.; AVANZI, J. C.; ALVES, M. V. G. Modelagem da erosão hídrica nas bacias hidrográficas dos rios Lontra e Manoel Alves Pequeno, Tocantins. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.13, n.1, 2018.

BATISTA, P. V. G. **Modelagem da erosão hídrica e métodos de interpolação de batimetria fluvial na bacia do alto Rio Grande (MG)**. 2016. 107 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, DCS, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, 2016.

BEZERRA, V. A. Estruturas conceituais e estratégias de investigação: modelos representacionais e instanciais, analogias e correspondência. **Scientiae Studia**, São Paulo, vol.9. n.3, 2011.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos**. 3. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRAMORSKI, J.; CRESTANA, S. Erosão hídrica em um Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes sistemas de manejo e chuva simulada. **Revista Sítio Novo**, 2020.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 8ª edição. São Paulo: Ícone, 2012, 335 p.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. Viçosa, vol. 27 n.º.4. p. 743-753, 2003.

CONFESSOR, J. G. **Avaliação de processos erosivos hídricos em diferentes usos agrícolas, utilizando simulador de chuvas no ambiente de cerrado.** Dissertação, Programa de Pós Graduação em Geografia, Uberlândia. 2019.

CORRÊA, E. A.; MORAES, I. C.; PINTO, S. A. F.; LUPINACCI, C. M. Perdas de solo, razão de perdas de solo e fator cobertura e manejo da cultura de cana-de-açúcar: primeira aproximação. **Revista de Departamento de Geografia USP**, São Paulo, v.32, 2016.

DECHEN, S. C. F.; TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. F.; DE MARIA, I. C. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura de solo. **Bragantia**, Campinas, v.74, n.2, p.224-233, 2015.

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Estimativa de perda de solos por erosão na bacia hidrográfica do Ribeirão das Perobas (SP) nos anos 1962 e 2011. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 46, n. 1, p. 110-131, 2019.

DEWES, J. J. **Metodologia para monitoramento de processos erosivos em margens de reservatórios de usinas hidrelétricas.** Dissertação, Programa de Pós em Engenharia Florestal, Santa Maria. 2019.

DOTTERWEICH, M. The history of human-induced soil erosion: Geomorphic legacies, early descriptions and research, and the development of soil conservation - A global synopsis. **Geomorphology**, v. 201, p. 1-34, 2013.

FERREIRA, A. M. **Modelagem da erosão hídrica dos solos na bacia hidrográfica do córrego do gigante** – Poços de Caldas – MG. Dissertação de Mestrado. Alfenas, 2019.

FERREIRA, A. O.; GONZATTO, R.; MIOLA, A.; ELIZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C. Influência da declividade e de níveis de cobertura do solo no processo de erosão com chuva simulada. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável.** Grupo verde de agricultura alternativa. Mossoró, 2010.

FLANAGAN, D. C., NEARING, M. A. (eds.). USDA. Water erosion prediction project – WEPP. West Lafayette: USDA-ARS-MWA-SWCS. 1995. **Technical documentation**, NSERL, Report n. 10).

HUANG, CHI HUA. Water Erosion Prediction Project (WEPP). **Agricultural Research Service**, 2020.

JARDIM, A. M. R. F.; SILVA, J. R. I.; SILVA, M. J.; JUNIOR, G. N. A.; SOUZA, R.; SOUZA, E. S. Modelagem da perda de solo por erosão hídrica em Planossolo Háplico. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n.2, p.6826-6834, 2020.

JOSHI, V.U.; TAMBE, D.T. Estimation of infiltration rate, run-off and sediment yield under simulated rainfall experiments in upper Pravara Basin, India: Effect of slope angle and grass-cover. **Journal of Earth System Science**, v.119, pp. 763-773, 2010.

LAFLEN, J. M., LANE, L. J., FOSTER, G. R. The water erosion prediction project – a new generation of erosion prediction technology. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.46, n.1, p.34-38, 1991.

LENSE, G. H. E.; BÓCOLI, F. A.; MOREIRA, R. S.; MINCATO, R. L. Estimativa da erosão hídrica na Bacia Hidrográfica no Córrego Belém, Minas Gerais. **Caderno de Ciências Agrárias**. 12, 1-5. 2020.

LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**. São Paulo Oficina de Textos, 2011.

LI, X.; NIU, J.; XIE, B. The effect of leaf litter cover on surface runoff and soil erosion in Northern China, **PLoS ONE**, v. 9, e107789, 2014.

MELO, M. T. S.; PALMEIRA, E. M.; SANTOS, E. C. G.; LUZ, M. P. **Estudo do Comportamento da Face de Taludes Protegidos por Geossintéticos Frente à Ação Pluviométrica**. IX Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental. 2019.

MORAES, I, C. **Avaliação dos modelos de predição da erosão hídrica meups e wepp: contribuição em bacias hidrográficas**. 2016. 191 f. Tese (Doutorado Geografia) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2016.

MORO, M. **Avaliação do modelo Lisem na simulação dos processos hidrossedimentológicos de uma pequena bacia rural localizada nas encostas basálticas do Rio Grande do Sul**. Tese do Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

OLIVEIRA, F. F.; SANTOS, R. E. S.; ARAUJO, R. C. Processos Erosivos: Dinâmica, agentes, causadores e fatores condicionantes. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, Itapetininga, v.5, n.3, p.60-83, 2018.

PEREIRA, J. S. **Avaliação das perdas de solos por erosão laminar na área de influência da UHE Amador Aguiar I**. Dissertação de Mestrado. Uberlândia, 2014.

PRUSKI, F, F. **Conservação do solo e água: práticas mecânicas para o controle de erosão hídrica**. 2ed. Viçosa: Editora UFV, 2013.

PURCINO, Maurício Dias. **Espacialização dos parâmetros físico-hídricos do solo e associação com a vulnerabilidade à erosão hídrica em dois ambientes antropizados do Ribeirão do Cipó**. 2017. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciência e Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2017.

RITTER, J.; ENG, P. Soil Erosion — Causes and Effects. **FactSheet**. Ontário v. 87.040. out. 2012.

RODRIGUES, J. A. M.; MELLO, C. R.; VIOLA, M. R.; RODRIGUES, M. C. Estimativa da vulnerabilidade dos solos à erosão hídrica na Bacia Hidrográfica Do Rio Cervo – MG. **Geociências**, São Paulo, v. 36, n. 3, p.531-542, 2017.

RODRIGUES, H. M.; VASQUES, G. M.; LEMES, M. W.; ROSAS, R. O. Avaliação do escoamento superficial e da perda de solo sob diferentes coberturas e declividades em silva jardim, RJ. **XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, Teresina, 2015.

ROQUE, C. G.; RODRIGUES, M.; RABÊLO, F. H. S.; CASTRO, H. A.; ROBOREDO, D.; CARVALHO, M. A. C. Cultivo mínimo é o sistema recomendado para introdução da Brachiaria brizantha em Latossolo na Amazônia. **Revista de Ciências Agrárias**, 2018.

SANTOS, J. C.; ANDRADE, E. M.; MEDEIROS, P. H. A.; NETO, J. R. A.; PALÁCIO, H. A. Q.; RODRIGUES, R. N. Determinação do fator de cobertura e dos coeficientes da MUSLE em microbacias no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.11, p.1157-1164, 2014.

SALOMÃO, P. E. A.; KRIEBEL, W.; SANTOS, A. A.; MARTINS, A. C. E. A importância do sistema de plantio direto na palha para reestruturação do solo e restauração da matéria orgânica. **Reserach Society and Development**, v.9, n.1, 2020.

SILVA, J. R. I.; SOUZA, E. S.; SOUZA, R.; SANTOS, E. S.; ANTONINO, A. C. D. Efeitos de diferentes usos do solo na erosão hídrica em região semiárida. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.27, n.3, 2019.

SILVA, D. C. C.; FILHO, J. L. A.; SALES, J. C. A.; LOURENÇO, R. W. Identificação de áreas com perda de solo acima do tolerável usando NDVI para o cálculo do fator C da USLE. **Revista Ra' e Ga**, Curitiba, v.42, p.72-85, 2017.

SILVA, B. P. C.; SILVA, M. L. N.; BATISTA, P. V. G.; PONTES, L. M.; BISPO, D. A. F.; CURI, N. Aplicação do modelo geoespacial da erosão GeoWepp na sub-bacia do horto florestal Terra-Dura. **XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Natal, 2015.

STEFANOSKI, D.C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas, vol. 17, n.12, 2013.

TOY, T. J.; FOSTER, G. R.; RENARD, K. G. **Soil erosion: processes, prediction, measurement and control**. Nova York: John & Sons, 2002. 338p. UNITED STATE DEPARTAMENT OF AGRICULTURAL – USDA. Water e erosion prediction Project – WEPP. West Laffayette, 1995. Technical documentation, NSERL, Report n.10,

WISCHMEIER, V. H.; SMITH, D.D. Predicting Rainfall – Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains: guide for selection of pratices for soil conservation. 49p. **Departamento f Agriculture**, 1965.

WISCHMEIER, W. H. JOHNSON, C. B.; CROSS, B. V. Soil erodibility nomograph for farmLand and construction sites. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.26, n.5, p. 189-193, 1971.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington: USDA/ARS. 1978. 58 p.

ZHENG, M.; LIAO, Y.; HE, J. Sediment delivery ratio of single flood events and the influencing factors in a headwater basin of the Chinese Loess Plateau. **PLoS ONE**, v. 9, n. 11, p.1.1259, 2014.

ZONTA, J. H. et al. Práticas de conservação de solo e água. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Campina Grande, 2012.