



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ARAPIRACA
AGRONOMIA - BACHARELADO**

CAIO SILVA FONSECA

**EROSÃO HÍDRICA EM NEOSSOLOS REGOLITICOS DO ESTADO DE ALAGOAS
SOB DIFERENTES TAXAS DE COBERTURA MORTA**

**ARAPIRACA
2019**

Caio Silva Fonseca

Erosão hídrica em neossolos regolíticos do Estado de Alagoas sob diferentes taxas de
cobertura morta

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Bacharelado em Agronomia da
Universidade Federal de Alagoas – *Campus* de
Arapiraca, como requisito parcial para obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Cicero Gomes dos Santos

ARAPIRACA
2019

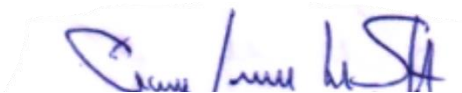
Caio Silva Fonseca

Erosão hídrica em neossolos regolíticos do Estado de Alagoas sob diferentes taxas de cobertura morta

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial para conclusão do curso de Bacharelado em Agronomia da Universidade Federal de Alagoas – UFAL Campus de Arapiraca.

Data de Aprovação: 19/12/2019.

Banca Examinadora



Prof. Dr. Cícero Gomes dos Santos
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus de Arapiraca
Orientador



Eng. Agro. Igor Gledson de Oliveira Santos
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus de Arapiraca
Examinador



Prof. Dr. Márcio Aurélio Lins dos Santos
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus de Arapiraca
Examinador

Com Todo o meu amor

DEDICO

Ao meu Pai, Gersomiltom Vieira Fonseca e
minha mãe Josenilda dos Santos, pelo apoio e
incentivo incondicional durante toda a minha
vida acadêmica, principalmente nas etapas
mais difíceis do caminho.

Confia no Deus eterno de todo o seu coração e não se apóie na sua própria inteligência. Lembre-se de Deus em tudo o que fizer, e ele lhe mostrará o caminho certo.

Prov. 3:5-6

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a Deus. Ele tem me abençoado todos os dias da minha vida. 'Pois dele, por Ele e para Ele são todas as coisas. A Ele seja a glória para sempre! Amém.

Aos meus pais, Gersomilton Vieira Fonseca e Josenilda dos Santos Silva pelo apoio, incentivo e carinho durante toda essa jornada.

A minha irmã Carina Mabele Silva Fonseca que com o seu carinho e sua amizade me fez sentir feliz em momentos difíceis.

À Universidade Federal de Alagoas – UFAL.

Ao meu orientador Prof.^a Dr.^a Cícero Gomes dos Santos pela sua atenção, por ter me inserido no mundo da pesquisa, uma pessoa que me levou para o bom caminho na academia, agradeço a sua boa vontade, orientação e oportunidade de trabalho, além da transmissão de seus conhecimentos no qual sou infinitamente grato.

Ao Prof.^a Dr.^a Edmilson Santos Silva pelo ótimo profissional que é, pelo fato de não somente ensina os conteúdos, mas por preparar os alunos para vida.

Aos professores Antônio Lucrécio, Allan Cunha, Cícero Adriano, Cicero Carlos e Dorgival Moraes, pela amizade e contribuições durante o curso.

Aos técnicos Sivaldo Soares Paulino e Tereza Neuma Araujo de Carvalho que durante todos os momentos estavam disponíveis para retirar dúvidas, e ajudar com seus conhecimentos.

Aos meus amigos Alyson Matias, Jorge Luís e Adenilson por ajudar durante toda a trajetória, vocês contribuíram para meu sucesso e para meu crescimento como pessoa.

Gostaria de agradecer o meu amigo irmão Douglas Torres que teve papel na minha entrada e permanência na universidade, um cara que sempre me ajudou e acreditou em mim, serei eternamente grato por tudo.

Aos meus amigos Leonardo Aparecido de Vasconcelos Brandão, José Hélio Fernandes, pela grande colaboração para este trabalho.

Aos amigos José Hamilton, Francisco Guilherme, Rodolfo Silva, Lielson, Djalma pela amizade e por fazer em que os momentos difíceis na universidade se tornassem engraçados.

Aos meus avós, meus tios e tias, que sempre acreditaram no meu potencial.

A minha namorada Mayara Kelly Alves por ajudar durante esses três anos de namoro e amizade.

A todos os meus amigos do Curso de Agronomia, pela amizade e companheirismo durante esses anos e que vou levá-los para sempre em meu coração.

Aos professores do Curso de Agronomia do Campus – Arapiraca que contribuíram para minha formação.

A todos os meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A erosão em entressulcos é considerada a primeira fase do processo erosivo, inicia-se com o impacto das gotas de chuva, que inicialmente promovem a desagregação das partículas da massa do solo, para ser transportada por fluxo laminar, promovendo o transporte da camada superficial do solo, onde se encontram os elementos essenciais ao desenvolvimento das culturas. Os Neossolos constituem o grupamento de solos pouco desenvolvidos, constituídos de materiais minerais ou materiais orgânicos pouco espessos. Os Neossolos minerais são solos, que guardam característica mineralógica relativamente próxima às do material de origem. No Estado de Alagoas, esta classe de solos tem grande expressão geográfica, sobretudo no ambiente semiárido. Os Neossolos são classificados no segundo nível categórico, em Neossolos Litólicos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Regolíticos, Neossolos Quartzarênicos. Os Neossolos Regolíticos são solos profundo ou pouco profundo, geralmente com cores claras ou esbranquiçadas, estando enquadrados na classe textural com predominância de arenosa a média. Este trabalho objetiva avaliar as condições hidráulicas e as relações de desagregação do solo e de resistência ao escoamento com a presença de resíduos na erosão em entressulcos em Neossolos de referência do Estado de Alagoas. Esta pesquisa será conduzida no Laboratório de Solos do Curso de Agronomia do Campus Arapiraca da UFAL, e constitui na avaliação da erosão hídrica sob chuva simulada dos NEOSSOLO Regolítico de referências do estado de Alagoas. Os solos serão coletados em condições naturais, na profundidade de 0,0 a 0,20 m e acondicionados em recipientes plásticos para serem conduzidos ao Laboratório de Física do Solo, onde serão peneirados e secados ao ar à sombra. As chuvas serão aplicadas com um simulador de chuva, construído de acordo as especificações por Meyer e Harmon (1979), equipado com um bico aspersor tipo Veejet 80-150 com diâmetro de interno de 12,7 mm equipamento reproduz uma distribuição de tamanhos de gotas e níveis de energia cinética próximas as das chuvas naturais, que de é de 0,294 MJ ha⁻¹ mm⁻¹ e de 17,64 MJ há⁻¹ para os 40 minutos de testes. A maioria dos tratamentos apresentaram valores de Re 500 e Fr>1, o regime é transição/subscritico (Tabela 2), fato verificado este comportamento para as três localidades estudadas. A aplicação das diferentes doses de palha sobre as taxas de desagregação do solo (Figura 5), para as doses de 0,20 e 0,30 kg m⁻² de palha de capim e para três localidades no estado de Alagoas, onde se coletou amostras de NEOSSOLO Regolítico (EMBRAPA, 2013).

Palavras-chave: Escoamento superficial. Características hidráulicas. Solos de Alagoas

ABSTRACT

Interstitial erosion is considered the first phase of the erosion process, starting with the impact of raindrops, which initially promote the breakdown of soil mass particles, to be transported by laminar flow, promoting the transport of the surface layer of the soil. soil, where the essential elements for the development of crops are found. Neossols are a group of poorly developed soils, made up of mineral materials or thin organic materials. Mineral Neosols are soils that have a mineralogical characteristic relatively close to that of the source material. In the State of Alagoas, this class of soils has great geographical expression, especially in the semi-arid environment. Neossolos are classified in the second categorical level, in Neossolos Litólicos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Regolítico, Neossolos Quartzarênicos. The Regolithic Neossols are deep or shallow soils, usually with light or whitish colors, being framed in the textural class with a predominance of sandy to medium. This work aims to evaluate the hydraulic conditions and the relationships of soil disintegration and resistance to runoff with the presence of residues in the erosion in intercoils in reference neossols in the State of Alagoas. This research will be conducted at the Soil Laboratory of the Agronomy Course at the Arapiraca Campus of UFAL, and it constitutes the assessment of water erosion under simulated rain of the Regolitic NEOSSOLO of references in the state of Alagoas. The soils will be collected in natural conditions, at a depth of 0.0 to 0.20 m and placed in plastic containers to be taken to the Soil Physics Laboratory, where they will be sieved and air dried in the shade. The rains will be applied with a rain simulator, built according to the specifications by Meyer and Harmon (1979), equipped with a spray nozzle type Veejet 80-150 with an internal diameter of 12.7 mm. The equipment reproduces a distribution of drop sizes and kinetic energy levels close to those of natural rainfall, which is 0.294 MJ ha⁻¹ mm⁻¹ and 17.64 MJ ha⁻¹ for the 40 minutes of testing. Most treatments showed Re 500 and Fr values > 1, the regime is transition / subscript (Table 2), a fact verified for the three studied locations. The application of different doses of straw on soil breakdown rates (Figure 5), for the doses of 0.20 and 0.30 kg m⁻² of grass straw and for three locations in the state of Alagoas, where it was collected samples of Regolitic NEOSSOLO (EMBRAPA, 2013).

Key words: Surface runoff. Hydraulic characteristic. Solos de Alagoas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização da Universidade Federal de Alagoas	18
Figura 2 -Parcelas experimentais constituída de material metálico com Neossolo com a presença de cobertura vegetal e sem a cobertura.....	19
Figura 3-Vista parcial do sistema de teste de chuva simulada, em operação nas dependências da Universidade Federal de Alagoas.....	20
Figura 4 -Velocidade de escoamento em para as doses de palha de capim para os municípios Alagoanos de Santana do Ipanema, Girau do Ponciano e Porto Real do Colégio.	25
Figura 5-Taxas de perda do solo em para as doses de palha de capim para os municípios Alagoanos de Santana do Ipanema, Girau do Ponciano e Porto Real do Colégio.	25
Figura 6 -Taxas de desagregação do solo para as doses de palha de capim para os municípios Alagoanos de Santana do Ipanema, Girau do Ponciano e Porto Real do Colégio.	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - NEOSSOLOS Regolíticos com sua localização geográfica no recorte do território Alagoano, segundo o ZAAL (2012). 19

Tabela 2 -Características hidráulicas dos escoamentos gerados pelas chuvas simuladas para diferentes doses de palha e localidades. q = descarga líquida por unidade de largura; V_m = velocidade média; h = altura da lâmina de escoamento; Re = Número de Reynolds; fr = Número de Froude. 23

Tabela 3 - Taxas médias de erosão obtidas pelas chuvas simuladas sobre diferentes doses de palhas, Ps = Perda de solo, Dr = taxas de desagregação do solo e velocidade do escoamento para Neossolo Regolíticos oriundos de três municípios de Alagoas: Santana do Ipanema, Porto Real do Colégio e Girau do Ponciano..... 24

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	Processos erosivos hídricos	13
2.2	Erosão entressulcos por chuva simulada	13
2.3	Cobertura morta.....	15
2.4	Modelos de predição de perdas de solos.....	16
2.5	Neossolos Regolíticos	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1	Local do experimento	18
3.2	Material coletado.....	18
3.3	Parcelas experimentais e doses de materiais.....	19
3.4	Testes de chuva simulada.....	20
3.5	Variáveis hidráulicas estudadas.....	20
3.6	Determinação das taxas de desagregação do solo e perdas de solos.....	21
3.7	Análises dos dados	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5	CONCLUSÕES.....	27
	REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

A erosão é um processo físico que consiste na degradação, transporte do solo, pela água ou pelo vento. A forma de erosão produzida pela ação da água consiste em uma das formas mais prejudiciais de degradação do solo, uma vez que reduz a capacidade produtiva (BEZERRA; CANTALICE, 2006). Esta forma de erosão consiste em três momentos, iniciando com o processo de desagregação, transporte e a deposição de partículas de solo pela ação das gotas de chuva e pelo escoamento superficial (ELLISON, 1947).

O desprendimento é definido como a liberação de partículas de agregados, e uma vez desprendido, elas podem permanecer próximas ao agregado ou serem transportadas (CARVALHO *et al.*, 2002). O estágio inicial e mais importante da erosão hídrica é constituído a partir da desagregação ou desprendimento das partículas que ocorre pelo efeito integrado da energia de impacto das gotas de água e da força cisalhante do escoamento superficial (BAHIA *et al.*, 1992).

O estudo do processo erosivo pode ser dividido, de acordo com a origem do sedimento, em erosão em entressulcos, em sulcos e em voçorocas que representam um processo erosivo global denominado de erosão bruta (CASALI *et al.*, 2009). A erosão em entressulcos é a primeira fase do processo erosivo, que se inicia com o impacto das gotas de chuva, sendo o fator responsável pela desagregação das partículas da massa do solo (CASSOL; LIMA, 2003), e o fluxo laminar é o principal agente transportador do material desagregado. O qual é auxiliado em muito pela turbulência produzida pela ação direta do impacto das gotas de chuva, que suspendendo e mantendo suspensas no escoamento as partículas de solo (CASSOL; LIMA, 2003).

A proteção exercida pela cobertura viva ou morta na superfície do solo é uma das alternativas mais efetivas no controle do processo erosivo, pela erosão em entressulcos (CANTALICE *et al.*, 2009). A cobertura vegetal impede que as gotas de chuva atinjam diretamente o solo, evitando, desse modo, a desagregação de suas partículas. Com os agregados protegidos, maiores taxas de infiltração podem ser mantidas ao longo do período da chuva.

Além disso, os resíduos em superfície retêm por mais tempo a água de escoamento, aumentando a lâmina de água infiltrada no solo e diminuindo a velocidade e, conseqüentemente, a capacidade de transporte do escoamento superficial. A cobertura do solo por resíduos vegetais exercem uma proteção contra os agentes erosivos a partir de três efeitos:

- 1) Interceptando o impacto direto das gotas de chuva e dissipando sua energia cinética,

evitando a desagregação das partículas e a formação do selo superficial; 2) Contribuindo para redução da capacidade de transporte do fluxo superficial, com a diminuição da velocidade do fluxo e 3) elevando a profundidade do fluxo, que exerce influencia direta na dissipação da energia do impacto da gota de chuva reduzindo a taxa de desagregação do solo (CANTALICE *et al.*, 2009).

Outro efeito positivo da presença da cobertura do solo por resíduos vegetais consiste na diminuição da velocidade de escoamento na erosão em entressulcos, ocorre em consequência do aumento da rugosidade hidráulica do fluxo superficial (CANTALICE *et al.*, 2009). Neossolos são solos com pequeno desenvolvimento pedogenético, caracterizado ou por pequena profundidade (rasos) ou por predomínio de areias quartzosas ou pela presença de camadas distinta herdadas dos materiais de origem.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes taxas de cobertura do solo em condições de laboratório sob o escoamento superficial na erosão entressulcos com chuva simulada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Processos erosivos hídricos

Panachuki *et al.* (2006) a erosão hídrica é o processo de degradação que mais tem afetado a capacidade produtiva dos solos, facilitada e acelerada por interferência antrópica que, na maioria das vezes, resulta num processo de erosão acelerada, provocando danos irreversíveis ao ambiente, constituindo um dos fenômenos naturais e antrópicos mais limitantes à ocupação do território devido à degradação dos solos.

Esse tipo de Erosão é um fator que ocorre naturalmente, mas que ao longo dos anos tem sido intensificada pela ação antrópica, de acordo com Lima (2010), a erosão hídrica ocorre devido destacamento das partículas do solo pela ação da precipitação e do escoamento, acarretando o transporte das partículas para jusante onde se depositam podendo ser novamente destacadas.

Em Alagoas a modalidade mais comum de erosão hídrica é a pluvial, pois fatores como altas taxas de concentração de chuvas durante alguns meses do ano juntamente com as ações antrópicas vão contribuindo para que os neossolos fiquem mais susceptíveis a processos erosivos.

Segundo Magalhães (2001) esse processo se desenvolve em quatro fases: formação de canal onde há concentração de escoamento, incremento rápido em profundidade e largura onde a cabeceira move-se para montante, declínio do aumento com início de crescimento da vegetação natural, e eventual estabilização com o canal locado num perfil de equilíbrio com paredes estáveis e vegetação desenvolvida segurando o solo. Estudos indicam que os processos erosivos hídricos apresenta-se principalmente de três formas: Voçorocas, em sulcos e em entressulcos.

2.2 Erosão entressulcos por chuva simulada

O processo erosivo é descrito nas etapas de desprendimento e arraste das partículas do solo, ocasionada pela ação direta da água e do vento, representando a principal causa de degradação das terras cultivadas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990). Os efeitos negativos dos processos erosivos afetam a vida de muitas maneiras, tornando difícil a compreensão da magnitude do problema (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

O processo erosivo tem sua origem no rompimento do equilíbrio natural no solo, em decorrência da ação de forças advindas de fatores climáticos como a chuva e o vento

(PRUSKI, 2009). A erosão hídrica começa com a incidência das precipitações (PRUSKI, 2009). A precipitação é dos fatores climáticos de maior importância no processo erosivo dos solos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990). O processo erosivo causado pela água das chuvas tem abrangência em quase toda a superfície terrestre, em especial nas áreas com clima tropical (GUERRA, 1999).

O processo erosivo provocado pelos eventos de precipitação está intimamente relacionado com as condições hidrológicas da superfície do solo (MERTEN; MINELLA, 2018). Para fins de melhor entendimento da erosão hídrica, essa tem sido dividida em erosão que ocorre na região dos entressulcos e dos sulcos (MERTEN; MINELLA, 2018). Na região dos entressulcos, o processo erosivo ocorre pela desagregação do solo causado pelo impacto das gotas da chuva, e o transporte dessas partículas desagregadas se dá pelo escoamento difuso (MERTEN; MINELLA, 2018).

Os processos erosivos entressulcos ocorrem nas porções mais ou menos lisas do terreno quando o solo está descoberto, ocorre o fluxo laminar delgado de água (BERTOL; CASSOL; BARBOSA, 2018). A desagregação de solo é feita pelo impacto das gotas de chuva diretamente no solo e pelo transporte dos sedimentos principalmente realizado pelo fluxo laminar, mas também pelo salpicamento das partículas de solo provocado pelo impacto das gotas de chuva (BERTOL; CASSOL; BARBOSA, 2018).

No processo erosivo por erosão em entressulcos a remoção de camada de solo ligeiramente uniforme em áreas relativamente pequena, causada principalmente pelo desprendimento das partículas do solo pelo impacto das gotas de chuva e fluxo laminar (SOUZA *et al.*, 2018). Ainda de acordo com estes autores a erosão laminar é uma remoção fina e relativamente uniforme naturalmente no ambiente, mas percebe-se que ao longo dos anos as práticas de manejo dos solos tem contribuído para aumentar os efeitos desses processos, deixando visível seus danos e com isso reduzindo áreas de produção no mundo (CARVALHO *et al.*, 2001). Dependendo do tipo de solo e das práticas de manejo adotadas, as ações dos agentes erosivos podem ser inibidoras ou aceleradas sobre os solos, tornando-o mais susceptível as forças naturais de degradação (FREITAS *et al.*, que ocorre na camada superficial solo, sem a formação de pequenos canais ou sulcos; normalmente, é caracterizado por um processo pouco perceptível. (PIRES; SOUZA, 2006) define erosão laminar como aquela que se faz por camadas, descorra uniformemente, sobretudo nas vertentes suaves e regulares, a camada superficial sem modificar o relevo durante os primeiros estágios.

Os processos erosivos ocorrem 2008; CASTRO FILHO *et al.*, 2001).

É de suma importância conhecer os processos erosivos hídricos, dessa forma é

possível aplicar técnicas que podem reduzir seus danos, principalmente no que tange a desagregação e transporte dos sedimentos nas áreas produtivas (LIMA, 2010). A maior causa de perda de sedimentos, principalmente solo e água oriundos das áreas produtivas estão muito relacionadas as regiões de altas incidência de precipitação e as práticas de manejo inadequadas.

2.3 Cobertura morta

O processo de erosão hídrica do solo é resultante de uma sequência de três fases sucessivas e concomitantes: a desagregação do solo na superfície, o transporte dos sedimentos desagregados e por fim, a deposição do material transportando nas partes mais baixas do relevo ou dos cursos d'água (DE MARIA *et al.*, 2018). O impacto das gotas de chuva apresentam comportamento diferenciado a depender do tipo de cobertura do solo, que vão da condição mas degradante para solos desnudos a uma condição próxima do ideal com elevadas taxas de cobertura vegetal, viva ou morta.

A cobertura morta do solo com biomassa vegetal morta é a prática conservacionista mais fácil de ser implementada, sendo eficaz no controle da erosão tanto hídrica quanto eólica (DE MARIA *et al.*, 2018). A fitomassa residual deixada na superfície do solo, dependendo do tipo, da quantidade e da forma de distribuição, forma um colchão denominado de Mulch, que protege a superfície da energia cinética do impacto das gotas de chuva e, em parte, da energia cisalhante do escoamento superficial, em razão do controle do volume e da velocidade deste (DE MARIA *et al.*, 2018).

O efeito da cobertura morta no controle da erosão vem sendo avaliado em cultivos anuais e perenes há muito tempo (MARQUES *et al.*, 1961). O efeito da cobertura morta no controle das perdas de solo e de água é proporcional a quantidade de fitomassa residual na superfície (DE MARIA *et al.*, 2018). O aumento da porcentagem de cobertura do solo por fitomassa aumenta a proporção de sedimentos de menor tamanho transportado pela enxurrada (COGO *et al.*, 1983; LOPES *et al.*, 1987; DE MARIA *et al.*, 2018). Ao reter os sedimentos de maior tamanho, a cobertura morta do solo deixa passar por entre suas peças os de menor tamanho e mais ricos em nutrientes (BARBOSA *et al.*, 2009; 2010). Segundo Lopes *et al.* (1987); Bertol *et al.*, (2010) o aumento da cobertura do solo também contribui para reduzir a velocidade da enxurrada, diminuindo sua capacidade de transporte de sedimentos.

Ao longo dos anos a cobertura do solo por diferentes materiais tornou uma prática conservacionista denominada de Mulch, que utiliza materiais, como restolhos, caules, folhas,

serragem, filme plástico, pedras ou fragmentos de rochas e outros, espalhados na superfície do solo para protegê-lo dos agentes erosivos, evitar as flutuações de temperatura e conservar por mais tempo a umidade do solo (SOUZA *et al.*, 2018).

2.4 Modelos de predição de perdas de solos

As estimativas das taxas de erosão e sedimentação associadas a diferentes usos e manejos do solo são escassos e os métodos comumente empregados nas suas determinações onerosas e demorados (AMORIM; SILVA; PRUSKI, 2009). A modelagem da erosão do solo é uma forma de descrever matematicamente o processo de desprendimento, transporte e deposição de suas partículas, constituindo-se numa ferramenta eficaz para avaliar a eficiência das estratégias de ação a serem adotadas visando o controle da degradação dos solos (WALKER *et al.*, 2000).

Na metade da década de 1980, o USDA iniciou o Water Erosion Prediction Project (WEPP), visando desenvolver uma nova geração de tecnologias para predição da erosão hídrica (AMORIM, SILVA, PRUSKI, 2009). A necessidade de se desenvolver uma nova tecnologia para a estimativa das perdas de solo e de água por erosão hídrica surgiu para suplantiar o grande número de limitações apresentadas pelos modelos USLE e RUSLE, principalmente referentes à impossibilidade de aplicação dos modelos de forma satisfatória em situações fora da parcela nas quais foram desenvolvidos (AMORIM, SILVA, PRUSKI, 2009). Principalmente na impossibilidade em separar as perdas de erosão em sulcos e em entressulcos.

Segundo Flanagan; Nearing (1995), o modelo WEPP é constituído por um pacote de programas computacionais para simulação de erosão. O modelo calcula a distribuição espacial e a temporal da desagregação de solo e sua deposição, além de estimar quando e onde, numa determinada bacia ou encosta, está ocorrendo erosão, o que possibilita adoção de medidas locais de conservação de solo para controlar a produção de sedimentos (BERTOL; CASSOL; MERTEN, 2018). O modelo WEPP vem sendo utilizado no Brasil em pesquisas com erosão hídrica, a exemplo dos trabalhos desenvolvidos por Reichert *et al.*, (2001), Albuquerque; Cassol; Reinert (2000), Schafer *et al.* (2001); Cassol; Lima, (2003); Cassol *et al.*, (2004), Cantalice *et al.* (2005) e outros autores em várias localidades do país.

2.5 Neossolos Regolíticos

Os Neossolos constituem o grupamento de solos pouco desenvolvidos, constituídos de materiais minerais ou materiais orgânicos pouco espessos, com insuficiência de manifestação dos atributos diagnósticos que caracterizam os diversos processos de formação dos solos, seja em razão de maior resistência do material de origem ou dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo) que podem impedir ou limitar a evolução dos solos. Apresentam predomínio de características herdadas do material originário, sendo definido pelo SiBCS (EMBRAPA, 2006) como solos pouco evoluídos e sem a presença de horizonte diagnóstico.

A caracterização completa de um solo inclui necessariamente a identificação dos horizontes e as descrições das características morfológicas, físicas e químicas de cada um, individualmente (EMBRAPA, 2006).

Conforme o SiBCS (EMBRAPA, 2006), os Neossolos são subdivididos em quatro subordens: NEOSSOLOS Litólicos, NEOSSOLOS Flúvicos, NEOSSOLOS Regolíticos e NEOSSOLOS Quartzarênicos. São todos relativamente pouco afetados pelo intemperismo químico e, portanto, suas principais características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas, em geral, refletem a natureza do material de origem.

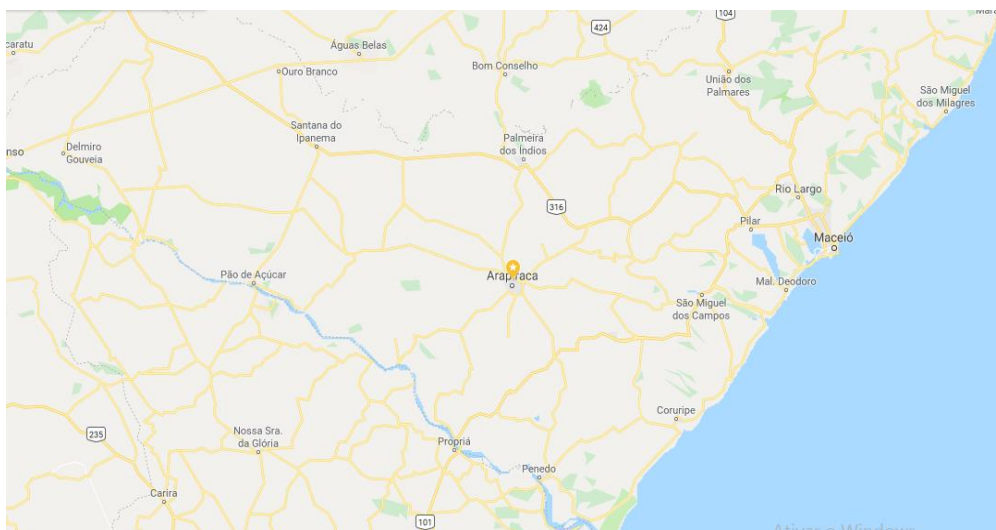
Os NEOSSOLOS Regolíticos são solos pouco profundos a profundos, geralmente com cores claras ou esbranquiçadas, apresentando textura dominante na faixa de arenosa a média (franco-arenosa). Caracterizam-se por apresentar uma reserva de minerais primários alteráveis, geralmente feldspatos potássicos, nas frações areia e, ou cascalho com um teor maior ou igual 4% (EMBRAPA, 2006). O material de origem está correlacionado com os ambientes onde se destacam rochas ácidas tipo granito ou outras rochas com composição mineralógica semelhante. É frequente a presença de horizontes cimentados do tipo fragipã e, menos frequentemente do tipo duripã, bem como do caráter solódico. Tais horizontes cimentados são formados por uma mistura de frações finas cauliníticas, impregnadas por materiais silicosos, cimentando as frações grossas (ARAÚJO FILHO, 2003).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório Manejo e Conservação do Solo e da Água, situada nas dependências do Campus de Arapiraca da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), no ano de 2019. A UFAL localiza-se no município de Arapiraca, região Agreste de Alagoas, a aproximadamente 130 km da capital Maceió, AL, com coordenadas geodésicas 9°41'56,8'' de latitude Sul e 36°41' 12,83'' de longitude Oeste e altitude de 310,54 m (Figura 1).

Figura 1 - Localização da Universidade Federal de Alagoas.



Fonte: Google Maps (2019). Disponível em:

<https://www.google.com/maps/place/UFAL,+Campus+Arapiraca/@-9.7012582,-36.68955,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x7067f2f05720afd:0xc680c05ae30667fc!8m2!3d-9.7012582!4d-36.6873613>. Acesso em: 7 ago. 2019.

3.2 Material coletado

Foram estudados os NEOSSOLOS do Estado de Alagoas, na subordem dos Regolíticos (EMBRAPA, 2013), coletados nos municípios de Girau do Ponciano, Santana do Ipanema, Porto Real do Colégio (Tabela 1). Os solos foram coletados em condições naturais, na profundidade de 0,0 a 0,20 m e acondicionados em recipientes plásticos para serem conduzidos ao Laboratório de Física do Solo, onde serão peneirados e secados ao ar à sombra. Os solos foram caracterizados química e fisicamente.

Tabela 1 - NEOSSOLOS Regolíticos com sua localização geográfica no recorte do território Alagoano, segundo o ZAAL (2012).

Unidade de Neossolos	Local	Coordenadas	
Regolítico	Girau do Ponciano	36° 48' 55" W	9° 54' 42" S
Regolítico	Santana do Ipanema	37° 15' 24" W	9° 27' 44" S
Regolítico	Porto Relá do Colégio	36° 43' 34" W	10° 07' 02" S

Fonte: ZAAL (2012).

3.3 Parcelas experimentais e doses de materiais

A erosão hídrica dos solos em entressulcos foram determinadas em laboratório, sob chuva simulada, em três condições de cobertura de solo, com ausência de cobertura, ou seja, 0,0 0,2 kg m² de material vegetal, que representa a condição mais degradante, com doses de 0,2 kg m² de material vegetal e com 0,3 kg m² de material vegetal, oriundos das áreas experimentais do Campus Arapiraca – UFAL, para uma declividade de 9%. O material vegetal foi pesado e picotado, para melhor acomodação nas parcelas. A distribuição do material vegetal foi de forma homogênea nas parcelas que receberam os materiais.

As parcelas experimentais foi constituída de material metálico e montada sobre uma estrutura metálica (Figura 2), no formato retangular com 1 m de comprimento e 0,5 m de largura, totalizando 0,5 m², com uma profundidade de 0,1 m.

Figura 2 - Parcelas experimentais constituída de material metálico com Neossolo com a presença de cobertura vegetal e sem a cobertura.



Fonte: FONSECA, S. C. (2018).

3.4 Testes de chuva simulada

Para os testes foram utilizado um simulador de chuva e duas bandejas com área de 0,5 m² apresentando 0,5 m de largura e 1 m comprimento (Figura 3), construído de acordo com as especificações propostas por Meyer e Harmon (1979), equipado com bico aspersor tipo Veejet 80-150, com diâmetro interno de 12,7 mm, equipamento reproduz uma distribuição de tamanhos de gotas e níveis de energia cinética próximas as das chuvas naturais, que de é de 0,294 MJ ha⁻¹ mm⁻¹ e de 17,64 MJ ha⁻¹ para os 40 minutos de testes.

Figura 3 - Vista parcial do sistema de teste de chuva simulada, em operação nas dependências da Universidade Federal de Alagoas.



Fonte: FONSECA, S. C. (2018).

3.5 Variáveis hidráulicas estudadas

Para avaliação de algumas características hidráulicas do escoamento superficial em entressulcos em condição de laboratório, foram mensuradas os seguintes parâmetros. A descarga líquida (q) por unidade de largura foi determinado a partir das coletas de enxurradas em recipientes plásticos na extremidade da calha coletora em intervalos de 5 minutos. A velocidade superficial (V_s) do escoamento gerado a partir da chuva simulada foi determinada através da tomada de tempo gasto por meio de um cronômetro para um corante (azul de metileno) percorrer a distância entre dois pontos fixos na parcela sendo (expresso em $m\ s^{-1}$), possibilitando posteriormente a determinação das velocidades médias do escoamento pelo produto das velocidades superficiais do escoamento por um fator de correção ($a = 2\sqrt{3}$), conforme Bezerra *et al.* (2006).

A altura da lâmina do escoamento (h) determinada pela equação derivada por Woolhiser; Liggett (1967) e Singh (1983) para solução cinemática das equações de Saint-

Venant:

$$h = \frac{q}{V} \quad (45)$$

em que h = altura da lâmina de escoamento (m), q = descarga líquida por unidade de largura em ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$), V = velocidade média do escoamento (m s^{-1}).

O número de Froude foi obtido conforme Simons; Senturk (1992), segundo a equação 2:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gh}} \quad (2)$$

Em que Fr é o número de Froude (adimensional); V é a velocidade média do escoamento (m s^{-1}); g é a aceleração da gravidade (m s^{-2}) e h representa a altura de lâmina do escoamento (m).

A viscosidade cinemática foi obtida conforme a variação de temperatura pela equação (3) proposta em 1995, Julien (1995), descrita:

$$\nu = [1,14 - 0,031 (T - 15) + 0,00068 (T - 15)^2] \times 10^{-6} \quad (3)$$

Onde: ν é a viscosidade cinemática da água ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$) e T é a temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$).

Para obtenção no número de Reynolds utilizou uma equação proposta por Simons; Senturk (1992), descrita:

$$Re = \frac{V \cdot h}{\nu} \quad (4)$$

Re é o número de Reynolds (adimensional), V é a velocidade média do escoamento (m s^{-1}); h representa a altura da lâmina do escoamento (m) e ν é a viscosidade cinemática da água ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$).

3.6 Determinação das taxas de desagregação do solo e perdas de solos

A taxa de desagregação do solo em entressulcos (D_i) foi determinada conforme Bezerra e Cantalice (2006):

$$D_i = \frac{M_{ss}}{A D_c} \quad (46)$$

em que M_{ss} é a massa de solo seco desagregado (kg), A é a área da parcela (m^2) e D_c é a duração da coleta em (s).

As perdas de solo (P_s) foram calculada segundo Bezerra; Cantalice (2006):

$$P_s = \frac{\sum(Q C_s t)}{A} \quad (47)$$

em que P_s é a perda de solo (kg m^{-2}), Q é a vazão (L s^{-1}), C_s é a concentração de sedimentos em (kg L^{-1}), t é o intervalo em segundos (s) e A é a área da parcela (m^2).

3.7 Análises dos dados

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo os resultados submetidos à análise de variância (teste F a 5%), por meio do programa estatístico SAS – StatisticalAnalitical System (SAS INSTITUTE, 1998).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maioria dos tratamentos apresentaram valores de $Re > 500$ e $Fr > 1$, o regime é transição/subscritico (Tabela 2), fato verificado este comportamento para as três localidades estudadas. Os regimes de escoamento caracterizados por baixos de Reynolds caracterizam o escoamento típico de erosão entressulcos, estando de acordo com a magnitude de lâminas de escoamento, resultados semelhantes foram obtidos por Bezerra; Cantalice, (2009). Os valores de velocidade média para as três doses de palha e para três localidades estudadas apresentaram bastante variável, resultados que diferem os resultados obtidos por Bezerra; Cantalice (2009). Para os valores de altura de lâmina para os três tratamentos e para as três localidades, registrou uma diminuição da altura de lâmina para todas as localidades (Tabela 2). Quando se relaciona as perdas de solo e as taxas de desagregação do solo nas localidades estudadas, verifica-se que não houve diferença estatística significativa (Tabela 3). A explicação talvez reside no fato de os testes terem sido realizados Neossolo Regolítico, oriundos dos municípios de Santana do Ipanema (Sertão Alagoano), Girau do Poncioano (Agreste Alagoano) e Porto Real do Colégio (Leste Alagoano). Por se trata de um solo que apresenta as mesmas características. Apresentaram o um comportamento bastante semelhante, o que era o esperado.

Tabela 2 - Características hidráulicas dos escoamentos gerados pelas chuvas simuladas para diferentes doses de palha e localidades. q = descarga líquida por unidade de largura; V_m = velocidade média; h = altura da lâmina de escoamento; Re = Número de Reynolds; fr = Número de Froude.

Doses (Kg^{-2})	$q(m^2 s^{-1})$	$vm(m s^{-1})$	$h (m)$	Re	Fr
Santana do Ipanema					
0,2	$7,10 \times 10^{-6}$	0,0181	0,0005	8,332	0,319
0,2	$2,93 \times 10^{-6}$	0,0254	0,0002	5,009	0,648
0,3	$5,41 \times 10^{-6}$	0,0381	0,0001	6,574	0,741
Porto Real do Colégio					
0,2	$7,17 \times 10^{-6}$	0,0181	0,00049	8,373	0,325
0,2	$4,34 \times 10^{-6}$	0,0252	0,00017	5,009	0,653
0,3	$5,36 \times 10^{-6}$	0,0293	0,00022	3,291	0,587
Girau do Ponciano					
0,2	$6,42 \times 10^{-6}$	0,0164	0,0005	6,553	0,227
0,2	$4,02 \times 10^{-6}$	0,0258	0,0002	3,366	0,663
0,3	$5,23 \times 10^{-6}$	0,0375	0,0001	4,291	0,040

Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

O resultado da análise estatística para as três localidades estudadas (Tabela 3), apresentaram um comportamento diferente das taxas de perdas de solos e das taxas de

desagregação, com uma diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade para as três doses de palhas. Os resultados que se expressam no comportamento de tendência do comportamento do gráfico. O que caracteriza uma diminuição da velocidade de escoamento em função das doses crescente de palha.

Tabela 3 - Taxas médias de erosão obtidas pelas chuvas simuladas sobre diferentes doses de palhas, Ps = Perda de solo, Dr = taxas de desagregação do solo e velocidade do escoamento para Neossolo Regolíticos oriundos de três municípios de Alagoas: Santana do Ipanema, Porto Real do Colégio e Girau do Ponciano.

Municípios	(Kg m ⁻²)	Dr (Kg m ⁻² S ⁻¹)	Vm(m S ⁻¹)
Sanatana do Ipanema	0,022053a	0,000085a	0,026810 b
Girau do Ponciano	0,025828a	0,000089a	0,028028 ab
Porto Real do Colégio	0,025890a	0,000096a	0,029747 a

Medias seguida de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

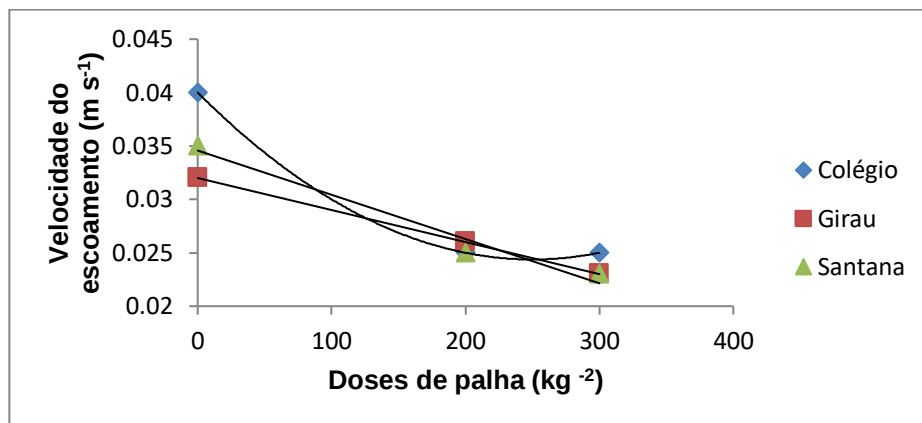
Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

As perdas de solo (Figura 4) para as três localidades estudadas em função das doses de palha de 200 e 300 kg/m² e sua ausência em função dos testes de chuva simulada sobre NEOSSOLO Regolítico oriundos dos municípios de Santana do Ipanema, Girau do Ponciano e Porto Real do Colégio. Verifica-se na figura 4, que a curva de ajuste das perda de solo com o aumento das doses de palha, registra-se uma diminuição das perdas de solos, comportamento semelhantes em todas as localidades estudadas. Os valores de perdas de solo, para o Neossolo Regolítico oriundo da localidade de Girau do Ponciano, registrou o menor ajuste de $r^2 = 91$, entre todos os locais. Enquanto a localidade de Santana do Ipanema registrou o maior ajuste da curva, comum $r^2 = 98$. A cobertura do solo com palha de capim tem um efeito direto na redução das perdas. Resultado semelhante foi obtido por Cantalice et al. (2009), trabalhando com doses de 0,40 e 0,60 kg m⁻² de cana de açúcar.

A aplicação das diferentes doses de palha sobre as taxas de desagregação do solo (Figura 5), para as doses de 0,20 e 0,30 kg m⁻² de palha de capim e para três localidades no estado de Alagoas, onde se coletou amostras de NEOSSOLO Regolítico (Embrapa, 2013). O comportamento das taxas de desagregação do solo apresenta comportamento semelhante as taxas de perdas de solos (Figura 6). As taxas de desagregação diminui com o incremento das doses de palha nas parcelas, indicando que as palha protege o solo da ação direta do impacto das gotas de chuva. Resultados semelhantes foram obtidos por Barbosa (2016), trabalhando com Latossolos de Alagoas. Esses dados corroboram com os de Cantalice *et al.*, (2009), onde

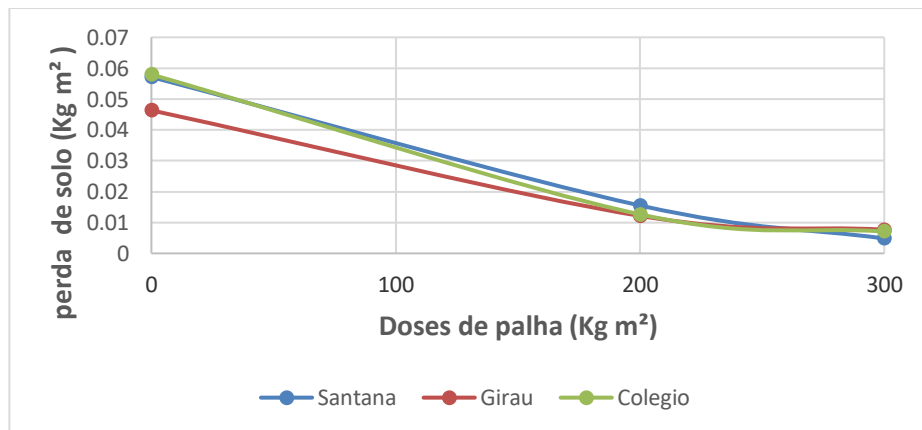
foram estudados diferentes doses de palha de cana-de-açúcar a declividades de 5 e 15%, o $r^2 = 0,36$ na primeira declividade, indicou que houve limitação de transporte de sedimento desagregado pelo impacto da gota da chuva nessa condição, porém o incremento de doses de palha foi eficiente para a redução das taxas de erosão.

Figura 4 - Velocidade de escoamento em para as doses de palha de capim para os municípios Alagoanos de Santana do Ipanema, Girau do Ponciano e Porto Real do Colégio.



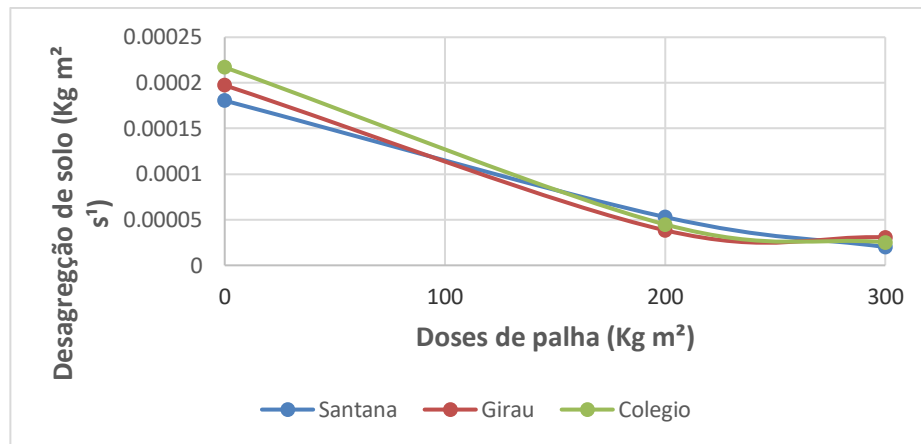
Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

Figura 5 - Taxas de perda do solo em para as doses de palha de capim para os municípios Alagoanos de Santana do Ipanema, Girau do Ponciano e Porto Real do Colégio.



Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

Figura 6 - Taxas de desagregação do solo para as doses de palha de capim para os municípios Alagoanos de Santana do Ipanema, Girau do Ponciano e Porto Real do Colégio.



Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

6 CONCLUSÕES

No estudo do processo erosivo em entressulcos em NEOSSOLOS Regolíticos coletados no município de Girau do Ponciano, Santana do Ipanema e Porto Real do Colégio observa-se que com o aumento das doses de palha houve diminuição da velocidade de escoamento.

A presença física dos resíduos vegetais na superfície dos NEOSSOLOS Regolíticos, coletados nos municípios de Girau do Ponciano, Santana do Ipanema e Porto Real de Colégio, diminuíram a velocidade de escoamento.

A velocidade de escoamento superficial foi registrada os menores valores no NEOSSOLO Regolítico coletado no município de Girau do Ponciano.

Os resíduos vegetais na superfície do solo durante os testes de chuva simulada funcionaram como uma barreira física reduzindo o contato com a chuva e assim proporcionando uma menor taxa de desagregação do solo e aumentando a resistência do solo ao deslocamento, refletindo diretamente nas menores taxas de perdas de solo.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO FILHO, J. C. **Horizontes cimentados em argissolos e espodosolos dos tabuleiros costeiros e em neossolos regolíticos e planossolos da depressão sertaneja no Nordeste do Brasil**. São Paulo, Universidade de São Paulo, 2003. 223p.
- AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. Principais modelos para estimar as perdas de solo em áreas agrícolas. *In*: PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e da água**: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006.
- ALBUQUERQUE, J. A.; CASSOL, E. A.; REINERT, D. J. Relação entre a erodibilidade em entressulcos e a estabilidade dos agregados. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.24, p.141-151, 2000.
- BAHIA, V. G.; CURTI, N.; CARMO, D.; MARQUES, J. J. G. S. M. Fundamentos de erosão do solo. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v.16, n.176, p.25-31, 1992.
- BEZERRA, S. A.; CANTALICE, J. R. B. Erosão entre sulcos em diferentes condições de cobertura do solo, sob cultivo da cana-de-açúcar. **R. Bras. Ci. Solo**, v.30, 2006, p.565- 573.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**.3.ed. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p. il.
- BERTOL, I.; CASSOL, E. A.; MERTEN, G.H. Modelos utilizados para estimar a erosão do solo. Cap. XV. *In*: BERTOL, Ildegardis; DE MARIA, Isabella Clerici; SOUZA, Luciano da Silva. (Edit.) **Manejo e conservação do solo e da água**. Viçosa, MG: SBCS, 2019. p.462-494.
- BERTOL, I.; CASSOL, A. E.; BARBOSA, F. T. Erosão do solo. *In*: BERTOL, Ildegardis; DE MARIA, Isabella Clerici; SOUZA, Luciano da Silva. (Edit.). **Manejo e conservação do solo e da água**. Viçosa, MG: SBCS, 2018. p.424-458.
- BARBOSA, F. T.; BERTOL, I.; LUCIANO, R. V.; PAZ GONZÁLEZ, A. Phosphorus losses in water and sediments in runoff of the water erosion in oat and vetch crops seed in contour and downhill. **Soiltill Res.**, v.106,p.22-28, 2009.
- BARBOSA, F. T.; BERTOL, I.; LUCIANO, R. V.; PAZ-FEREIRO, J. Proporção e tamanho de sedimentos e teor de carbono orgânico na enxurrada e no solo para dois cultivos e duas formas de semeadura. **Rev. Bras. Ciência do Solo**, v.34, p.1701-1710, 2010.
- BERTOL, I.; VIDAL VASQUEZ, E.; PAZ GONZÁLEZ, A.; COGO, N. P.; LUCIANO, R. V.; FABIAN, E. L. Sedimentos transportados pela enxurrada em eventos de erosão hídrica em um Nitossolo Háplico. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.34, p. 245-252, 2010.
- CANTALICE, J. R. B.; SILVA, M. D. R. O.; RODRIGUES, J. J. V.; RODAL, M. J. N.; PESSOA, L. M. Estrutura lenhosa e hidrodinâmica do escoamento superficial em uma área de Caatinga. **Revista Caatinga**, v.21, n.4, p.201-211, 2009.

CARVALHO, D. F.; MONTEBELLER, C. A.; CRUZ, E. S.; CEDDIA, M. B.; LANA, A. M. Q. Perda de solo e água em Argissolo Vermelho Amarelo, submetido a diferentes intensidades de chuva simulada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.385-389, 2002.

CASALÍ, J.; GIMÉNEZ, R.; BENNETT, S. Gullyerosion processes: monitoring and modelling. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.34, p.1839-1840, 2009.

CASSOL, E. A.; LIMA, V. S. Erosão em entressulcos sob diferentes tipos de preparo e manejo do solo. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.38, p.117-124, 2003.

COGO, N. P.; MOLDENHAUER, W. C.; FOSTER, G. R. Effect of crop residue, tillage-induced roughness, and runoff velocity on size distribution of eroded soil aggregates. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.47, p.1005-1008, 1983.

CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C. Editores. **Sistemas agroflorestais pecuários: opção de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, 2001.

CASTRO FILHO, C. Atributos do solo avaliados pelo seus agregados. *In*: MORAIS, M. H.; MULLER, M. M. L.; FOLONI, J. S. S. **Qualidade física do solo: métodos de estudo: sistemas de preparo e manejo de solo**. Jaboticabal: Funep, 2001.

DE MARIA, Isabella Clerici; BERTOL, I.; DRUGOWICH. Práticas Conservacionistas do solo e da água. *In*: BERTOL, Ildegardis; DE MARIA, Isabella Clerici; SOUZA, Luciano da Silva. (Edit.) **Manejo e conservação do solo e da água**. Viçosa, MG: SBCS, 2019. p.527-584.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306p.

ELLISON, W. D. Soil erosion studies- part II: soil detachment hazard by raindrop splash. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 28, n. 5, p. 197-201, may, 1947b.

FREITAS, F. J.; CANTALICE, J. R. B.; BEZERRA, S. A.; SILVA, M. D. R. O.; SANTOS, P. M.; CORREA, R. M.; LIMA, P. A.; FIGUEIRA, S. B. Erosão em entressulcos sob caatinga e culturas agrícolas. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.32, p.1743-1751, 2008.

FLANAGAN, D.C.; NEARING, M.A. **USDA-Water Erosion Prediction Project (WEPP): WEPP users summary**. West Lafayette: USDA-ARS, 1995.

GUERRA, Antonio José Teixeira. Início do processo erosivo. *In*: Guerra, Antonio José Teixeira Guerra; SILVA, Antonio Soares da; BOTELHO, Rosângela Garrido Machado. (Edit.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p.17-55.

LIMA, Herlander Mata. **Introdução à modelação ambiental: erosão hídrica**. Portugal: Funchal, 2010.

LOPES, P. R. C.; CASSOL, E. A.; COGO, N. P. Influência da cobertura morta na redução da velocidade da enxurrada e na distribuição de tamanho de sedimentos transportados. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.11, p.193-197, 1987.

MAGALHÃES, Ricardo Aguiar. Erosão: definições, tipos e formas de controle. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 7. Goiânia- GO, 03 a 06 de maio de 2001.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. G. Hidrologia de superfície relacionada ao manejo e à conservação do solo e da água. *In*: BERTOL, Ildegardis; DE MARIA, Isabella Clerici; SOUZA, Luciano da Silva. (Edit.). **Manejo e conservação do solo e da água**. Viçosa, MG: SBCS, 2018. p.345 – 387.

MARQUES, J. Q. A.; BERTONI, J.; BARRETO, G. B. Perdas por erosão no estado de São Paulo. **Bragantia**, v.20, p.1143-1182, 1961.

PIRES, L. S.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LEITE, F. P.; BRITO, L. F. Erosão hídrica pós-plantio em floresta de eucalipto na região centro-oeste de Minas Gerais. **Pesq. Agrop. Bras.** 2006, v.29, p.91-08, 2006.

PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água**: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 240 p.

PANACHUKI, E. *et al.* Rugosidade da superfície do solo sob diferentes sistemas de manejo e influenciada por chuva artificial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.34, n.2, 2011.

RIBEIRO, B. T.; BERTOL, I. *et al.* Sedimentos transportados pela enxurrada em eventos de erosão hídrica em um Nitossolo Háplico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.1, 2010.

REICHERT, J. M.; SCHAFER, M. J.; ELTZ, F. L. F.; NORTON, L. D. Erosão em sulcos e entressulcos em razão do formato de parcela em Argissolo Vermelho-Amarelo arênico. **Pesq. Agrop. Bras.**, Brasília, v.36, n.7, p.965-973, 2001.

SOUZA, L. S.; BERTOL, I.; DE MARIA, I. C.; MELO FILHO, J. F.; LEPSCH, I. F.; RAMALHO FILHO, A. Termologia básica utilizada em manejo e conservação do solo e da água. *In*: BERTOL, Ildegardis; DE MARIA, Isabella Clerici ; SOUZA, Luciano da Silva. (Edit.). **Manejo e conservação do solo e da água**. Viçosa, MG: SBCS, 2018. p.1 -17.

WALKER, S.E. *et al.* Sensitivity analysis oft he rootzonte water quality model. **Transactions of the ASAE**, v.43, v.4, p.841-846, 2000.

ZAAL. Zoneamento Agroecológico do Estado de Alagoas. Maceió, AL; Recife, PE: Embrapa Solos, 2014. 1 aplicativo.