

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS

JEFERSON AZEVEDO DAS NEVES

**PERDAS DE SOLO E ÁGUA COMO INDICADORES DO MANEJO DA
PALHADADA CANA-DE-AÇUCAR, VISANDO À PRODUÇÃO DE
BIONERGIA.**

Rio Largo-Alagoas
2021

JEFERSON AZEVEDO DAS NEVES

**PERDAS DE SOLO E ÁGUA COMO INDICADORES DO MANEJO DA
PALHADADA CANA-DE-AÇUCAR, VISANDO À PRODUÇÃO DE
BIONERGIA.**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal de
Alagoas como parte das exigências da
graduação para a obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador(a): Dr^a Walane Maria Pereira
de Mello Ivo.

Rio Largo – Alagoas

2021

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

N518p Neves, Jefferson Azevedo das

Perdas de solo e água como indicadores do manejo da palhada
cana-de-açúcar visando à produção de bioenergia. / Jefferson Azevedo
das Neves – 2021.

30 f.; il.

Monografia de Graduação em Agronomia (Trabalho de Conclusão
de Curso) – Universidade Federal de Alagoas, Campus de
Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2021.

Orientação: Dra. Walane Maria Pereira de Mello

Inclui bibliografia

1. Erosão. 2. Tabuleiros costeiros. 3. Cana-de-açúcar. I. Título

CDU: 633.61

FOLHA DE APROVAÇÃO

Jeferson Azevedo das Neves

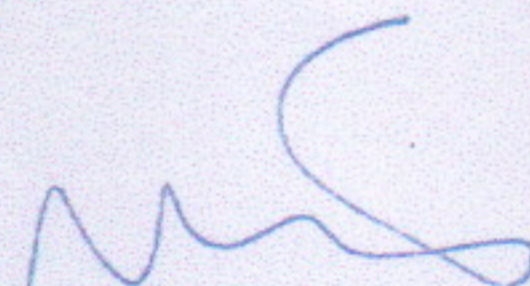
PERDAS DE SOLO E ÁGUA COMO INDICADORES DO MANEJO DA PALHADA DA CANA-DE-AÇUCAR, VISANDO À PRODUÇÃO DE BIONERGIA.

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para
obtenção do grau de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal de
Alagoas.

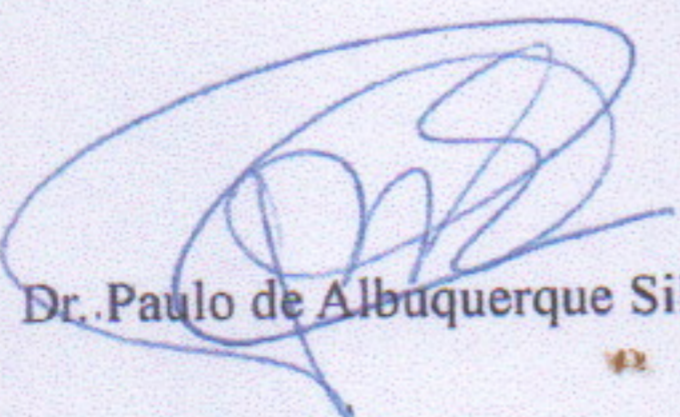
Orientador (a): Dra. Walane Maria Pereira de Mello Ivo

Esse trabalho de conclusão foi defendido e aprovado pela banca em:
21 / 06 / 2021

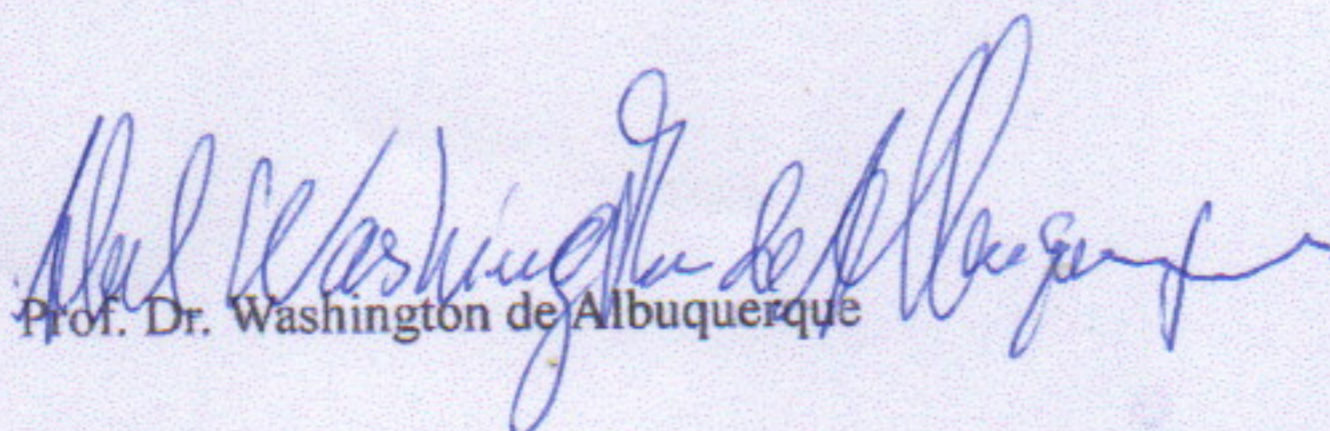
BANCA EXAMINADORA:



Dra. Walane Maria Pereira de Mello Ivo



Dr. Paulo de Albuquerque Silva



Prof. Dr. Washington de Albuquerque

Aos meus pais/tios,

*Adriana, Damiana e Marcos, que
são pilares da minha formação
como ser
humano.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo que ele tem feito em minha vida. E que sempre deu forças para concluireste projeto de forma satisfatória.

Aos meus irmãos, Cleison e Clebson, que mesmo distante sempre me deram forças e sempre estiveram ao meu lado para realização desse sonho.

À minha namorada, Edith Camila, por toda paciência, ensinamento e cuidados durante a trajetória.

A minha orientadora, Pesq^o. Dr^a. Walane Maria Pereira de Mello Ivo, pelo profissionalismo, amizade, cuidado, dedicação e conhecimento transmitido ao longo desse período. Pela oportunidade de ter trabalhado juntos.

À Universidade Federal de Alagoas, nas pessoas dos professores por todos os ensinamentos que foram prestados.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Tabuleiros Costeiros), por todo o carinho e assistência dos que nelas trabalham.

Ao Técnico Agrícola José Carlos, por todo o companheirismo e ajuda tanto profissional quanto pessoal.

À minha amiga de estágio, Crislany Canuto, por toda ajuda prestada e momentos de descontração.

Ao Assistente de Campo, Senhor Leu, pelas vezes que esteve ao meu lado na execução das atividades.

Aos meus amigos, Wibison Ferreira, Thiago da Paz, Carlos Barreto, Arthur Felipe, Jaelcio Paulino, Thales Ferreira, Francisco Buarque, Pedro Carvalho, João Augusto, Gilberlan Costa e Robson Telles, por todo o companheirismo e disposição durante essa caminhada.

E a todas as pessoas que de alguma forma me deram força, e contribuíram para a realização desse sonho.

“Se você não puder se destacar pelo talento, vença pelo esforço”.
Dave Weinbaum

RESUMO

A cana-de-açúcar pode ser considerada muito conservativa sob o ponto de vista da ocorrência do processo erosivo nos solos. No entanto, trabalhos têm demonstrado que as perdas de solo e água ainda podem ser reduzidas pela implementação de manejo mais adequado do solo e da cultura. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi determinar as perdas de solo e água, em área de cana-de-açúcar colhida crua, com recolhimento de diferentes proporções de palhada, e indicar quantidade de palha eficiente para o controle da erosão. O trabalho foi desenvolvido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, localizado no município de Rio Largo-AL, onde 11 parcelas experimentais de 22,0m x 3,5m foram instaladas com 8% de declive e os dados coletados a partir da ocorrência de chuva natural. Os tratamentos estudados foram: parcela descoberta (TDESC), parcela com cana-de-açúcar cultivada e 0% da palhada deixada em superfície (T0), parcela com cana-de-açúcar cultivada e 50% da palhada deixada em superfície (T50) e parcela com cana-de-açúcar cultivada e 100% da palhada deixada em superfície (T100), o que equivalia a: 0, 7,5 e 15 Mg ha⁻¹ de palhada. As perdas de solo e água foram influenciadas pela presença da palhada em superfície. A manutenção, na superfície do solo, de metade da palhada produzida pela cana, equivalendo a 6,0 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, tem o potencial de evitar a erosão e aumentar a produtividade, contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas de produção da cultura, o que indica que mais 6,0 Mg ha⁻¹ de palha poderá ser retirada anualmente para produção de energia.

Palavras-Chave: Erosão, socaria, tabuleiros costeiros, etanol de 2^a geração.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Volume de água e sedimento captados em parcela padrão e parcela com 100% de cobertura do solo por palhada de cana - de - açúcar instalado em argissolo amarelo, no Centro de Ciências Agrárias da UFAL.....20
- Figura 2.** Calha coletora de parcela padrão para estudos de perda de solo instalada em Argissolo Amarelo, localizada no Centro de Ciências Agrárias da UFAL.....20
- Figura 3.** Distribuição da precipitação pluviométrica ao longo dos anos de 2015, 2016, 2017, Rio Largo-AL.....22

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Perdas de água por erosão hídrica, em argissolo amarelo em condições de chuvanatural, no município de Rio Largo -AL.....	23
Tabela 2: Perdas de solo por erosão hídrica, em argissolo amarelo, nas condições de chuvanatural, no município de Rio Largo-AL.....	23
Tabela 3: Média e desvio padrão da produtividade de cana-de-açúcar, cultivada em argissoloamarelo, no município de Rio Largo-AL.....	25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Cana-de-açúcar.....	13
2.2 Erosão Hídrica.....	14
2.3 Manejo conservacionista nas áreas de cultivo cultura da cana-de-açúcar.....	16
3.MATERIAL E MÉTODOS	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5.CONCLUSÃO.....	26
6.REFERÊNCIAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural fundamental para a produção agrícola graças a um conjunto de propriedades que permite sustentação às plantas e lhes dê condições necessárias de desenvolvimento. Tem um importante papel no meio ambiente, onde funciona como integrador ambiental e reator, acumulando energia solar na forma de matéria orgânica, reciclando água, nutrientes e outros elementos e alterando compostos químicos (TÔSTO et al., 2007). Algumas formas de degradação do solo, e entre estas a erosão, são processos naturais que podem ser acelerados 1000 vezes pela excessiva limpeza da terra e práticas de manejo inapropriadas (Koch et al., 2013) O transporte de solo pode acontecer em terras que são cultivadas devido aos processos erosivos, a partir do escoamento superficial. A erosão hídrica causa perdas do solo e ainda pode modificar suas propriedades físicas, acarretando prejuízos na produtividade das culturas (SOUSA et al., 2012).

O manejo do solo, a depender de como é feito, pode estar interligado às perdas de água e nutrientes, decorrentes do processo de erosão. Dessa maneira, deve-se conservar a cobertura do solo por resíduo cultural, eliminando a desagregação das partículas do solo por impactos das gotas de chuva, com mínima perda de solo (VOLK et al., 2008). Assim, o conhecimento e a quantificação dos fatores que influenciam esse potencial erosivo são fundamentais para o planejamento de uso e manejo do solo em bases conservacionistas em uma região (CARVALHO et al., 2005). Os sistemas conservacionistas cada vez mais se mostram eficientes na redução de perdas de água, solo e nutrientes (GUADAGNIN et al., 2005). Quando se ultrapassa o limite de infiltração do solo, o excesso de água da chuva faz com que essa água escoe, principalmente com elevadas precipitações, as quais saturam o solo e produzem grandes enxurradas. No contexto do uso agrícola, a maioria das perdas de solo, água e nutrientes estão associadas com sistemas de manejo convencionais, que se caracterizam pela aplicação intensiva da mecanização motorizada, com queima ou incorporação dos restos culturais e plantio em solo descoberto. Os resíduos vegetais que ficam sobre o solo poderão interceptar as gotas de chuva e dissipar sua energia, evitando a desagregação das partículas, e a redução na capacidade de seu transporte no sedimento erodido (MARTINS FILHO et al., 2009). Plantio direto e o cultivo mínimo são sistemas que reduzem as perdas por erosão, em comparação ao sistema convencional (HERNANI et al., 1999; BERTOL et al., 2007; MARTINS FILHO et al., 2009).

Neste sentido, a cana-de-açúcar é caracterizada como uma cultura conservativa, e o preparo do solo para o plantio da mesma ocorre apenas uma vez a cada ciclo de cinco a seis anos, sempre feito em nível. Além disto, a cobertura imposta pelo crescimento da parte aérea da cana, após quatro a cinco meses da colheita, é de, aproximadamente, 100% da superfície, além de possuir sistema radicular vigoroso (IVO et al., 2018).

Alguns autores constataram, em sistema de cultivo da cana-de-açúcar, com a queimada palhada antes da colheita, que as perdas de nutrientes por erosão são expressivas com o sedimento apresentando altas taxas de enriquecimento: 1,62 (matéria orgânica, MO); 4,30 (P); 1,17 (K); 1,33 (Ca) e 1,24 (Mg) vezes, em relação ao solo original (IZIDORIO et al., 2005; MARTINS FILHO et al., 2009). Assim, é necessário evitar a queima da palhada e mantê-la em superfície para evitar erosão e permitir a ciclagem dos nutrientes nas áreas de produção da cultura.

Em razão das condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo da cana-de-açúcar e da área ocupada pela cultura, o Brasil tem posição de destaque em relação à produção de fontes alternativas de energia a partir da cana-de-açúcar (energia elétrica e etanol). Tal fato levou à expansão geográfica dessa cultura e ampliou impactos ambientais decorrentes do manejo. A cultura da cana de açúcar reúne condições relevantes para continuar sendo uma das mais importantes fontes de geração de energia descentralizada, sendo que a energia renovável produzida pelas usinas sucroalcooleiras para uso externo apresenta uma boa sustentabilidade, pois permite a redução das emissões de gases de efeito estufa. Em termos absolutos, a redução anual decorrente do uso do etanol e da bioeletricidade associada é de 46 milhões de toneladas de CO₂ equivalente (CNI, 2012).

O Brasil é detentor da mais avançada tecnologia para a produção e utilização do etanol. É ainda, um dos maiores produtores de biomassa ocupando um lugar de destaque, a nível mundial. No Plano Decenal de Expansão de Energia 2026 do Ministério de Minas e Energia (MEE), estima-se que a oferta interna de energia elétrica deve se expandir, e a previsão são de que 50% dessa energia sejam provenientes de fontes renováveis não hídricas. Fontes como a biomassa da cana-de-açúcar (bagaço, palha) poderão atender uma parte considerável desta demanda crescente (ANDRADE, 2014). Outra possibilidade promissora é o etanol de segunda geração, obtido através das etapas de pré-tratamento, hidrólise e fermentação (SÁ et al., 2015).

Esta possibilidade de utilização da palhada tem implicações no sistema de produção da cana, uma vez que, com a utilização da palha da cana para produção do álcool de segunda geração e produção de energia elétrica, estudos são necessários para recomendar a

quantidade ideal de palha a ser levada para a indústria e a quantidade de palha a ser mantida sobre a superfície do solo, visando garantir a sustentabilidade dos sistemas de produção da cana. Neste sentido, informações sobre os valores de perdas de solo e água podem vir a ser um importante índice de sustentabilidade, uma vez que as respostas às modificações no sistema de produção das culturas acontecem no curto prazo para os índices de erosão, diferentemente de outras variáveis.

O objetivo do presente trabalho foi determinar as perdas de solo e água, em área de cana-de-açúcar colhida crua, com recolhimento de diferentes proporções de palhada, e indicar quantidade de palha eficiente para o controle da erosão.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cana-de-açúcar

Com o término da safra 2019/20, em uma área total de 8.44 milhões de hectares cultivados no Brasil, foram mais de 642,7 milhões de toneladas colhidas, representando aumento de 3,6% em relação à 2018/19. Vale ressaltar que a área colhida foi menor que no ciclo anterior, com redução de 1,7%. No entanto, as melhores condições climáticas verificadas nas principais regiões produtoras favoreceram a cultura, que apresentou incremento no seu rendimento médio. No Sudeste, a principal região produtora do país, manteve seu alto padrão de produção, alcançando mais de 415 milhões de toneladas colhidas. São Paulo e Minas Gerais são os grandes destaques da região. Já no Nordeste as condições climáticas foram mais favoráveis à cultura, isso potencializou a produção. Todos os estados apresentaram aumento na produção em comparação a safras anteriores. Ao todo, a região colheu cerca de 49,1 milhões de toneladas, representando acréscimo de 10,6%. Em Alagoas foram mais de 17,4 milhões de toneladas de cana-de-açúcar colhidas nesta safra (CONAB, 2020).

A cana-de-açúcar é uma espécie que apresenta metabolismo de incorporação de CO₂ do tipo C₄, onde a máxima eficiência fotossintética ocorre com grande disponibilidade de radiação solar, umidade no solo e temperaturas do ar elevadas (THOMAS, 2015). Entre as plantas de lavoura, a cana-de-açúcar apresenta o maior potencial produtivo de massa seca e energia por unidade de área em uma única colheita, com rendimentos de até 150 t/ha de colmos (LEAL, 2012; SILVA et al., 2014), ou mais, em áreas plenamente irrigadas. Além da adição, por deposição de 15 a mais de 20 t ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca de palha, folhas secas, ponteiros e restos de colmo sobre o solo (OLIVEIRA et al., 1999; MELLO IVO, 2012; VITTI et al., 2008). No entanto, trabalhos têm demonstrado que perdas de produtividade ainda podem ser reduzidas pela implementação de manejo mais adequado do solo e da cultura (MARTINS FILHO et al., 2011). Entretanto, para que isso ocorra, é necessário que as exigências climáticas e nutricionais da cultura sejam atendidas durante seu ciclo de desenvolvimento, o qual inicia com a brotação do tolete e emergência das brotações, com posterior perfilhamento, crescimento da parte aérea, florescimento e maturação dos colmos. Atualmente, a maioria dos técnicos aceita a classificação por Jeswiet, qual seja: gênero: Saccharum; espécies: *S. barberi*, Jeswiet; *S. edule*, Hask; *S. officinarum*; *S. robustum*, Jeswiet; *S. sinensis*, (Roxb) Jeswiet e *S. spontaneum*, L.

No Brasil, a cana-de-açúcar é uma das principais opções para a produção de biomassa, sendo competitiva e economicamente viável em relação a outras fontes como capim napier, capim elefante, eucalipto. A palha apresenta grande potencial para geração de calor, eletricidade e produção de etanol celulósico. O aproveitamento da palha deverá ocupar um lugar de destaque como matéria-prima para a produção de etanol combustível, segundo Ripoli (2000). Uma tonelada de palha equivale a algo entre 1,2 a 2,8 EBP (equivalentes barris de petróleo). Além de ter grande importância por ser uma alternativa de energia renovável (SILVA et al., 2012), redução da emissão de gases do efeito estufa, elevada capacidade de troca do carbono atmosférico para carbono orgânico na formação de biomassa, possui alta densidade de energia, por ser plantas rústicas e resistentes, e ajuda no controle da erosão, devido sua grande densidade da raiz (OKUNO,2016).

A produtividade média de cana de açúcar é de 85 t ha, sendo que para cada tonelada de cana processada são gerados 12 toneladas de palha e 12 toneladas de bagaço. A palha apresenta 15% do peso dos colmos da cana madura, ou 12% quando seca. Em termos energéticos a palha representa 1\3 da energia potencial da cana-de-açúcar (SANTOS et al., 2012).

A palha da cana-de-açúcar, sendo toda a parte aérea da planta menos os colmos industrializáveis, é constituída basicamente de celulose, hemicelulose e lignina, na proporção aproximada de 40, 30 e 25%, respectivamente. Trabalhos realizados por Silva et al. (2012), com a palha de cana in natura, mostraram que o material apresenta 38% de celulose, 29% de hemicelulose e 24% de lignina. O aproveitamento integral da cana permitirá coletar toda a cana-de-açúcar (otimização do processo de colheita), além de aperfeiçoar o balanço energético da usina, de forma a aumentar a quantidade de biomassa disponível para ser convertida em etanol (SILVA et al., 2012).

2.2 Erosão Hídrica

O solo é um corpo natural, possuindo comprimento, largura e profundidade, e constitui a camada externa da litosfera, em contato com a atmosfera. Assim, o solo pode ser definido como um corpo natural, resultante dos fatores e processos de formação, constituído de camadas paralelas à superfície, capaz de suportar e nutrir plantas (ZIMBACK, 2003).

O Brasil é um país de grande extensão territorial e, por isso, apresenta grande variabilidade de solo. Em termos de classe de solo, os Latossolos dominam com cerca de 39%, Argissolos, com 24% e Neossolos com 15% de todo território brasileiro (SBCS, 2018). No entanto, embora possua área e clima favoráveis, os solos brasileiros têm natural caráter

ácido, decorrente, entre outros motivos, do elevado volume de precipitação pluviométrica que, se por um lado favorece os cultivos, por outro é também uma forma de perda desses solos, como também de nutrientes, através dos processos erosivos. Neste caso, refere-se à erosão geológica ou natural – que é oriunda de fenômenos naturais os quais agem continuamente na crosta terrestre em benefício da formação do próprio solo, sendo reconhecível somente com o decorrer de longos períodos de atividade. No entanto, pela mudança de uso da terra e intensificação da produção agrícola, esses solos passam a sofrer a erosão acelerada ou antrópica – que é oriunda da intensificação do processo erosivo natural em função da ação direta do homem sobre o sistema solo-planta-atmosfera por meio da inserção de práticas que destroem o equilíbrio das condições naturais desse processo. De acordo com a FAO (2015), perdas anuais de culturas causadas por erosão foram estimadas em 0,3% da produção. Se o problema continuar nesse ritmo, uma redução total de mais de 10% poderá acontecer até 2050. A erosão em solo agrícola e de pastagem intensiva varia entre cem a mil vezes a taxa de erosão natural e o custo anual de fertilizantes para substituir os nutrientes perdidos pela erosão chega a US\$ 150 bilhões.

Com isso, o planejamento do uso das terras, aliado ao planejamento ambiental, tem ocupado lugar de destaque na identificação de riscos potenciais de degradação permanente (MELLO et al., 2006).

Um dos modelos mais utilizados e difundidos para estudos e previsões sobre erosão é a Equação Universal de Perdas de Solo, (USLE - Universal Soil Loss Equation), desenvolvida no Departamento de Agricultura dos EUA, na década de 1950 (BARBOSA et al., 2015). A mesma determina a perda média anual de terra, provocada por erosão hídrica, em função dos fatores: energia da chuva (erosividade – fator R), suscetibilidade do solo à erosão (erodibilidade – fator K), comprimento e grau do declive (fatores L e S), uso e manejo do solo (fator C) e práticas conservacionistas (fator P). É expressa por $A = RKLSCP$, onde: A = perda de solo por unidade de área ($t.ha^{-1} ano$); R = é a erosividade da chuva ($MJ mm. ha.h$); K é a erodibilidade do solo ($t.h. MJ.mm$); L é o comprimento do declive (metros); S é o grau do declive (porcentagem); C é o uso e manejo (adimensional) e P é a prática conservacionistas (adimensional) (NASCIMENTO et al., 1999; ALBUQUERQUE ET AL., 1998)) Áreas descobertas e fisicamente degradadas, típicas de sistemas convencionais de preparo de solo, sofrem alta erosão hídrica em decorrência da ação direta do impacto das gotas da chuva que desagregam e transportam partículas de solo (CASTRO et al., 2006).

Vários estudos relacionam as perdas de solo, água e nutrientes com as práticas conservacionistas e indicam como manter a produtividade sem prejudicar os recursos naturais

(COGO et al., 2003; BERTOL et al., 2004; GUADAGNIN et al., 2005; SILVA et al., 2005; AGUIAR et al., 2006). Conforme Bertol et al. (2007), independentemente do sistema de manejo empregado, o custo referente às perdas anuais na forma de adubos pela erosão hídrica, é relativamente elevado. A constante redução da produtividade dos solos tem sido atribuída principalmente à erosão hídrica e ao manejo inadequado do solo. Outro aspecto de grande relevância é que o aporte de sedimentos oriundos de áreas que sofrem erosão promove o assoreamento de rios e lagos, comprometendo a qualidade da água e alterando a vida aquática, em particular pela eutrofização das águas (MARTINS et al., 2003). As plantas de cobertura exercem influência sobre essas perdas; portanto, espera-se que uma espécie com alto índice de cobertura e elevada produtividade de fitomassa propicie maior proteção ao solo.

Neste sentido, em trabalho desenvolvido por Silva et al. (2012), conduzido em um Latossolo Vermelho distrófico, testando quantidades variadas de palha de cana-de-açúcar, concluiu-se que a perda de solo, água e nutrientes foi reduzida com o aumento da quantidade de palha na superfície do solo. A taxa de desagregação do solo diminuiu e o coeficiente de rugosidade e a taxa de infiltração aumentaram com o incremento de palha de cana-de-açúcar na superfície do solo.

2.3 Manejo conservacionista nas áreas de cultivo cultura da cana-de-açúcar

A agricultura conservacionista tem como base o mínimo revolvimento do solo, a manutenção de resíduos na superfície e o uso de rotação de culturas (DERPSCH et al., 2011). A degradação das terras agrícolas pela intensificação dos cultivos, sem práticas conservacionistas em sistemas que utilizam monoculturas, desperta a preocupação com a qualidade do solo e a sustentabilidade dos sistemas de produção. No caso da cultura da cana-de-açúcar, as práticas intensivas do uso do solo e o emprego sistemático de práticas agrícolas inadequadas, com predominância de preparo superficial excessivo e queima dos resíduos culturais, contribuem para elevadas perdas de solo por erosão (SOUZA et al., 2004), principalmente para a cana planta.

A adoção de técnicas de cultivo e de colheita intensamente mecanizadas na cultura de cana-de-açúcar tem provocado alterações no comportamento das propriedades físicas do solo (SOUZA et al., 2004), entre elas a densidade do solo, a porosidade total, a macroporosidade, a microporosidade e a resistência do solo à penetração (OLIVEIRA et al., 2012; MORAES et al., 2013), as quais influenciam significativamente o desenvolvimento das culturas. Impulsionando a degradação dos solos pela pulverização superficial, pela diminuição da

matéria orgânica, pelo subsequente processo erosivo que afeta a sustentabilidade dos sistemas, principalmente pelo declínio da produtividade. Como resposta a esse processo de deterioração, novos sistemas com orientação conservacionista como o cultivo mínimo e o plantio direto vêm sendo desenvolvidos para as condições subtropicais visando diminuir o revolvimento do solo (LLANILO et al., 2006). A avaliação da perda de solo, bem como dos fatores envolvidos na predição da erosão são fundamentais para o diagnóstico do grau de compactação, como subsídio no planejamento agrícola conservacionista do solo.

A conversão da área com sistema de colheita com queima para colheita com cana crua (sem despalha a fogo) tem sido proposta para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (LEITE, 2009; NEVES et al., 2018) e manter ou aumentar os níveis de matéria orgânica no solo (BOLONHEZI et al., 2019). Essa conversão tem se concretizado especialmente após as inovações na área de mecanização da colheita, que têm possibilitado a deposição de mais de 20 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca de palha – folhas secas, ponteiro e restos de colmo – sobre o solo (VITTI et al., 2008). Além disso, os resíduos vegetais proporcionados pela cana crua formam uma rede, como se fosse um filtro, sobre a superfície do solo, no qual provocam a deposição das partículas, especialmente as de maior diâmetro, transportadas pela enxurrada (SILVA et al., 2012). No sistema de colheita de cana crua, ocorre a manutenção da palha sobre o solo, o que, segundo Panachuki et al. (2006), é o fator mais importante no favorecimento da taxa de infiltração de água durante as chuvas. A grande função da manutenção dos resíduos vegetais está na proteção direta contra o impacto das gotas de chuva, isto é, interceptando-as e dissipando sua energia cinética, evitando a desagregação das partículas e a formação do selamento superficial (MARTINS FILHO et al., 2009).

Na região Nordeste, a transição do sistema de colheita com despalha a fogo e corte manual da cana para colheita da cana crua e corte mecanizado tem ocorrido em taxas bem mais lentas que as da região Centro-Sul do Brasil. Tal mudança no manejo da cultura vem estreitando relação com o processo da erosão e abre oportunidades de aumento da conservação destes solos por permitir a permanência da palhada na superfície, o que interfere diretamente no início do processo erosivo, assim evitando o impacto direto das gotas da chuva ou da água de irrigação sobre o solo, o que provocaria sua desagregação e posterior transporte (BOLONHEZI et al., 2019).

Em trabalho que teve como objetivo determinar as perdas de matéria orgânica (MO) e nutrientes (P, K, Ca e Mg), em área cultivada com cana-de-açúcar, para um Argissolo Vermelho Amarelo, com declive de 0,052 m m⁻¹ e com 0%, 50% e 100% de cobertura sobre a superfície do solo, sob chuva simulada, concluiu-se que as análises do sedimento erodido

indicaram taxas de enriquecimento da seguinte ordem: 2,7 a 1,9 (MO), 3,8 a 2,7 (P), 1,3 a 1,7 (K), 3,9 a 3,6 (Ca) e 2,9 a 2,6 (Mg) vezes em relação ao solo original para 0% e 50% (MARTINS FILHO et al., 2009). Com 50% de cobertura, não houve redução na concentração de MO e de nutrientes no sedimento erodido; entretanto, para 100% de cobertura, a redução foi significativa para as concentrações de MO (69%), P (88%), K (23%), Ca (74%) e Mg (75%) no sedimento. Tais resultados indicam a importância do manejo conservacionista, com manutenção de cobertura do solo, na sustentabilidade dos sistemas de produção da cana. Da mesma forma, para um Latossolo Vermelho, com declive de 0,08 m m⁻¹, sob cultivo de cana queimada e ação da chuva simulada, ao se avaliarem as perdas de nutrientes por erosão em entressulcos, sulcos e global (entressulcos + sulcos), as taxas de enriquecimento do sedimento erodido por MO, P, K, Ca e Mg foram da ordem de 1,62; 4,30; 1,17; 1,33 e 1,24 (IZIDORIO et al., 2005). Apesar de ser um Latossolo, menos propenso ao fenômeno da erosão, quando comparado ao Argissolo, a taxa de enriquecimento foi superior a 1, o que significou o empobrecimento do solo. Esses resultados foram obtidos para solos da região Sudeste, sendo necessários estudos para as outras regiões do Brasil, onde os solos podem apresentar erodibilidade diferentes e as chuvas, diferentes valores de erosividade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, localizado no município de Rio Largo, Alagoas. O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, é tropical litorâneo úmido (As). A declividade da área é de 7 %. A Cana-de-açúcar, variedade a RB 92579, foi plantada em abril de 2014 e as avaliações de erosão ocorreram para as socarias, nos anos de 2015 (62 coletas), 2016 (72 coletas) e 2017 (103 coletas). O solo da área é classificado como um Argissolo Amarelo.

Os tratamentos estudados foram: parcela descoberta ou parcela padrão (TDESC), parcela com cana-de-açúcar cultivada e 0% da palhada deixada em superfície (T0), parcela com cana-de-açúcar cultivada e 50% da palhada deixada em superfície (T50) e parcela com cana-de-açúcar cultivada e 100% da palhada deixada em superfície (T100), o que equivaleu a: 0, 6,0 e 12 t ha⁻¹ de palhada em superfície, no ano da instalação. As 11 parcelas foram distribuídas no campo em blocos ao acaso, com três repetições para T0, T50 e T100, e duas repetições para TDESC.

As avaliações das perdas de solo e da água foram realizadas sob chuva natural em parcelas de 77 m², delimitadas por chapas de alumínio de 20 cm de altura e fixadas no solo a uma profundidade de oito centímetros, com a maior dimensão no sentido do declive (Figura 1). As parcelas dispunham, na sua parte inferior, de uma calha coletora para os sedimentos de solo. Para a coleta da água da enxurrada, um cano com espessura de 100 mm foi acoplado ao final da calha, com caída em uma caixa d'água com capacidade de armazenamento de 1000 litros. Dentro da caixa d'água colocou-se um recipiente de 20 litros, para facilitar coleta da enxurrada de volumes menores.

Figura 1. Detalhes do volume de água e sedimento captados em parcela padrão e parcela com 100% de cobertura do solo por palhada de cana-de-açúcar, instaladas em Argissolo Amarelo, localizado no Centro de Ciências Agrárias da UFAL.



Fonte: Autores.

Figura 2. Detalhe da calha coletora de parcela padrão para estudos de perda de solo e instalada em Argissolo Amarelo, localizada no Centro de Ciências Agrárias da UFAL.



Fonte: Autores.

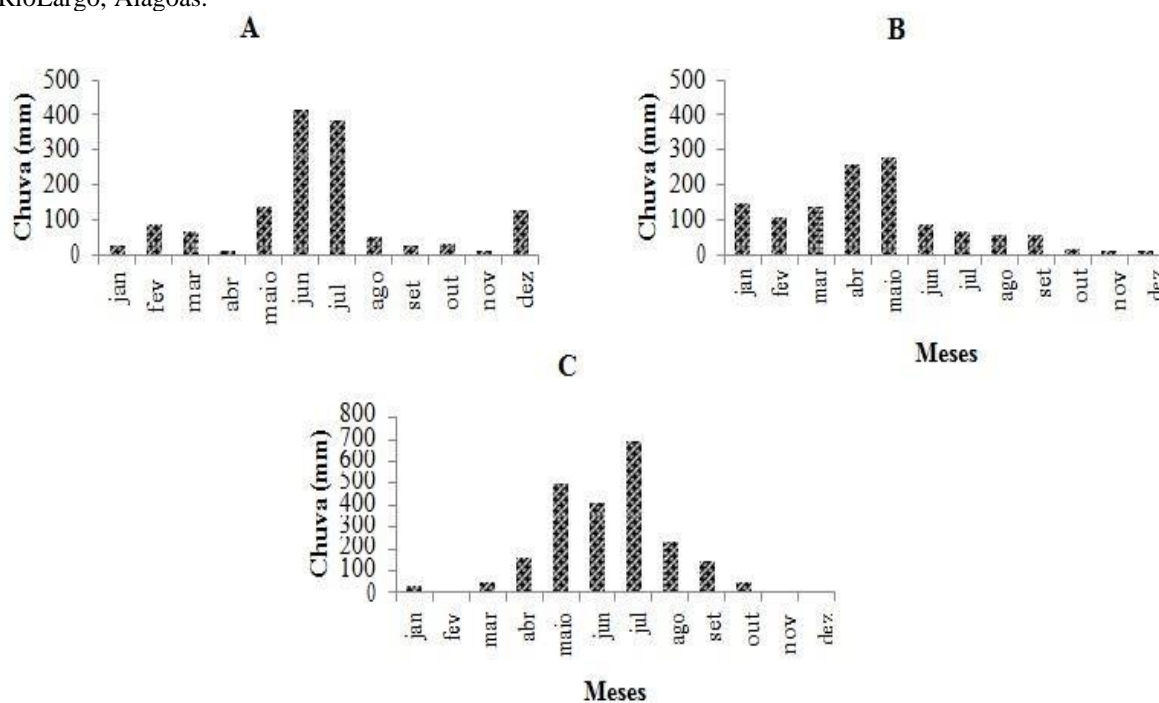
Dados de precipitação foram coletados a cada chuva, em pluviômetro instalado na área experimental. Com a mesma frequência, procederam-se as medições do volume de enxurrada e massa de solo contida nas calhas. Do volume total da enxurrada, subamostras de 500 ml foram coletadas e enviadas ao laboratório para quantificação do sedimento, por

meio da adição de agente flocculante. Feita a decantação destas amostras e a retirada da água, o solo foi seco em estufa a 105°C e pesado em seguida. As amostras do solo retido nas calhas foram pesadas e, em seguida, subamostras desse material foram recolhidas para secagem em estufa a 105°C, visando o cálculo da umidade. A perda total de solo de cada tratamento foi calculada a partir da soma do solo retido na calha e do solo perdido na enxurrada. Os dados de perda de solo e água e produtividade foram analisados por meio de ANAVA, com parcelas subdivididas no tempo, para os tratamentos T0, T50 e T100%. Os dados das parcelas padrão foram utilizados de forma comparativa, pelo fato de só apresentar duas repetições. Para comparação das médias, foi utilizado o teste de Scott-Knott a 10% de probabilidade, para perdas de água, e 5%, para perdas de solo, com transformação dos dados ($\sqrt{y + 1}$) (SISVAR (FERREIRA, 2000)).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação pluviométrica dos três anos do estudo teve características bastante distintas em termos de volume total e distribuição de chuvas (figura 3). A média histórica de precipitação para o município de Rio Largo é de 1.800 mm, com a quadra chuvosa concentrando-se nos meses de maio a agosto. Os anos de 2015 e 2016 apresentaram valores de precipitação anual abaixo da média para a região, sendo de 1.380 mm e 1.239 mm, respectivamente. Além do valor abaixo da média, em 2016 a quadra chuvosa ocorreu nos meses de fevereiro a maio, seguida da existência de meses críticos, quando houve ocorrência de poucas chuvas, fato que impossibilitou o desenvolvimento adequado da cultura sem irrigação. No ano de 2017, a chuva foi bem distribuída ao longo do ano, com as maiores precipitações no período de maio a agosto e volume total muito acima da média (2.292mm). Como o processo de erosão hídrica do solo é condicionado pelos fatores chuva, solo, topografia, cobertura e manejo e práticas conservacionistas de suporte, a interação entre a distribuição anual das quadras chuvosas e o ciclo da cultura, principalmente relacionado aos meses de colheita, fez com que as quantidades de água e solo perdidas variassem consideravelmente entre os anos (tabelas 1 e 2).

Figura 3. Distribuição da precipitação pluviométrica ao longo dos anos de 2015(A), 2016(B), 2017(C), RioLargo, Alagoas.



Para todos os anos avaliados, os maiores valores de perdas de água ocorreram no tratamento descoberto (parcela padrão), consequência da total falta de proteção ao solo (vegetação ou resíduos superficiais). O F da análise de variância foi significativo ($p < 0,052$) para a interação ano* tratamentos. Quando comparados os valores de T0%, T50% e T100%, para o ano de 2015, o tratamento T0% apresentou perda de água significativamente mais elevada, indicando a importância da manutenção dos resíduos na superfície do solo. Sendo assim, destaca-se que a manutenção de 50% da palhada em superfície provocou perda de água que não diferiu daquela com 100% dos resíduos conservados sobre o solo, indicando que metade do resíduo da cana-de-açúcar poderá ser retirada do campo para produção de energia, sem afetar as perdas de água do sistema de produção da cana. Para o tratamento T0% e T100%, as perdas de água diferiram entre os anos, com valores bem mais elevados do ano de 2015 e 2017. Estas maiores perdas de água estiveram relacionadas, em 2015, com a época de colheita da cana coincidindo com o início da quadra chuvosa da região (cana de início de safra); e, em 2017, com um ano de chuvas acima da média. Em contrapartida, para T50% não houve diferenças entre os diferentes anos.

Para a média dos três anos, as perdas de água representaram 14,6%, 0,8%, 0,05% e 0,05% da precipitação total, para os tratamentos TDESC, T0%, T50% e T100%, respectivamente. Estudos com cana-de-açúcar revelam perdas de água variando de 7,5 a 0,2% do total das chuvas, para cana planta e socarias, respectivamente (De Maria & Dechen,

1998).

Tabela 1: Perdas de água por erosão hídrica ($l\ ha^{-1}$), em Argissolo Amarelo, com declividade de 7%, cultivado com de cana-de-açúcar sob diferentes proporções de palhada (0%, 50% e 100% da palhada produzida), em condições de chuva natural, em Rio Largo – AL.

Ano	Proporção de palhada			
	0%	50%	100%	Solo descoberto
2015	164.829,9 a A	80.035,3 b	67.749,1 b B	90.7653,4
2016	20.370,3 B	40.122,6	32.003,2 B	1.583.213,6
2017	173.641,1 A	125.775,7	154.920,7 A	4.682.989,3
Total	358.841,3	245.933,6	254.673,0	7.173.856,3

*Letras minúsculas, diferença entre tratamentos. Letras maiúsculas, diferença entre os anos, dentro de cada tratamento ($p < 0,10$)

Da mesma forma que para a água, os maiores valores de perdas de solo nas parcelas com cana e sem palhada em superfície (T0%) ocorreram no ano de 2015, quando a colheita foi realizada no mês de junho, período de ocorrência de maiores volumes de chuva. Essa maior perda de solo ocorreu em função do solo encontrar-se sem proteção, tanto pela menor cobertura oferecida pela planta em crescimento, como pela ausência da palhada (T0%). Desta forma, observa-se que existe uma interação entre a distribuição anual da quadra chuvosa e o ciclo da cultura, principalmente relacionado aos meses de colheita. O que fez com que as quantidades de solo e água perdidas variassem significativamente entre os anos. A colheita da cana ocorrendo no final da safra (agosto setembro) possibilita menores perdas de solo e água, enquanto a cana colhida no início de safra, deixa o solo mais susceptível à erosão, uma vez que ocorre no período de maior concentração de chuvas.

Tabela 2: Perdas de solo por erosão hídrica ($Kg\ ha^{-1}$), em Argissolo Amarelo, com declividade de 7%, cultivado com de cana-de-açúcar sob diferentes proporções de palhada (0%, 50% e 100% da palhada produzida), nas condições de chuva natural, em Rio Largo – AL.

Ano	Proporção de palhada			
	0%	50%	100%	Solo descoberto
2015	547,0 a A	177,3 b A	205,4 b A	12247,4
2016	72,7 B	89,1 A	114,5 A	40596,1
2017	26,3 C	37,1 B	12,6 B	47867,1
Total	646,0	305,5	332,5	100.710,5

*Letras minúsculas, diferença entre tratamentos. Letras maiúsculas, diferença entre os anos, dentro de cada tratamento ($p < 0,05$)

Em condição de cana crua, as perdas podem ser reduzidas entre 3 e 10 vezes (Bertoni et al., 1986; Prove et al., 1995). Neste sentido, Martins Filho et al. (2009) concluíram que a manutenção de 50 e 100% do palhicho reduzem 68% e 89% as perdas de solo por erosão, respectivamente, destacando que coberturas inferiores a 50%, proporcionam considerável enriquecimento do sedimento por matéria orgânica e nutriente. Em estudo com intuito de se avaliar as perdas de solo, matéria orgânica e nutrientes em uma vertente localizada em uma área de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, cultivada com cana crua, sob ação de chuva simulada, com diferentes porcentagens de cobertura de palha sobre a superfície do solo, Souza et al.(2012) concluíram que houve maiores perdas de solo, matéria orgânica e nutrientes nos sedimentos oriundos das parcelas com 0% e 25% de cobertura. Com 50% houve significativa redução da perda de solo e matéria orgânica, bem como diminuição da concentração de nutrientes no sedimento erodido. Esses resultados foram independentes da posição na vertente, ou seja, da declividade do terreno, sendo as perdas de solo reduzidas em função do aumento da quantidade de palha sobre a superfície do solo.

Já Bezerra e Cantalice (2006) avaliaram o efeito de diferentes coberturas do solo (palhada e parte aérea da cana) sobre o escoamento superficial na erosão entressulcos, sob chuva simulada, em solo de Pernambuco. Os autores encontraram que o efeito somado do dossel e do resíduo da cana promoveu simultaneamente o aumento da rugosidade hidráulica e dos volumes de interceptação vegetal, determinando as menores lâminas de escoamento superficial e os maiores volumes de infiltração, proporcionando, assim, menores taxas de desagregação do solo, concluindo que, para todo o ciclo da cultura da cana, observou-se diminuição das perdas de solo com o aumento das taxas de cobertura. Estes resultados ratificam a importância que a colheita da cana crua, com a manutenção dos resíduos sobre o solo, pode ter na redução da erosão nas áreas de produção da cana-de-açúcar. Em revisão sobre as implicações agronômicas e ambientais da remoção da palha da cana, Carvalho et al. (2016) destacam que 50% da palhada, equivalendo a quantidade de de 7Mg ha^{-1} , apresenta grande potencial para controle da erosão, sendo este valor muito próximo ao encontrado no presente estudo.

As produtividades da cana-de-açúcar sob as diferentes proporções de palhada decana na superfície do solo para os anos do estudo encontram-se na tabela 3.

Tabela 3: Média e desvio padrão da produtividade de cana-de-açúcar, cultivada em Argissolo Amarelo, sob diferentes quantidades de palhada em superfície (0%, 50% e 100%). Rio Largo, Alagoas.

Palhada	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	MÉDIA
toneladas ha ⁻¹					
0%	101,9 ± 24,7	108,5 ± 13,8	68,0 ± 25,0	68,2 ± 24,8	86,6
50%	118,0 ± 13,8	133,2 ± 28,4	57,5 ± 15,8	106,4 ± 33,1	103,7
100%	120,1 ± 25,0	106,2 ± 19,2	76,2 ± 20,4	104,8 ± 12,98	101,6
MÉDIA	113,4a	115,9a	67,2b	93,1a	

*Letras minúsculas, diferença entre os anos (safras), dentro de cada tratamento (p < 0,05)

Houve diferença apenas entre as safras, com aquela de 2016/2017 apresentando os menores níveis de produtividade, consequência da distribuição anormal e da redução do volume total de chuvas, conforme comentado acima. Não houve diferença significativa entre os tratamentos, nem para tratamentos dentro de safras, como o coeficiente de variação apresentando-se elevado (CV= 34%). No entanto, percebe-se que os tratamentos com palhada em superfície apresentaram tendência em atingir maiores produtividades, com maior frequência, que a área sem palhada. Para a média das quatro safras avaliadas, a diferença entre os tratamentos chegou a 15 toneladas por hectare. A produtividade média dos tratamentos de 50% e 100% de palhada sobre a superfície do solo foram semelhantes, com diferença de apenas 2,1 toneladas por hectare, demonstrando que, também para a variável produtividade, a indicação de retirada de metade da palhada do sistema de produção, para produção de energia, pode ser indicada.

5 CONCLUSÃO

A manutenção, na superfície do solo, de metade da palhada produzida pela cana, equivalendo a aproximadamente $6,0 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, tem o potencial de evitar a erosão, contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas de produção da cultura, indicando que mais $6,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ de palha poderá ser retirada anualmente para produção de energia.

6 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. W.; CATANEO, A. ; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V. S. Parametros erosividade da chuva e da enxurrada correlacionados com as perdas de solo de um solo Bruno não-calcico vértico em sumé +(PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 743–9, 1998.

ANDRADE, L.F. Produção de Etanol de Segunda Geração (Monografia apresentada ao programa de Pós-graduação em Microbiologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais) Belo Horizonte, 2014.

ANDRADE, N. S. F.; MARTINS FILHO, M. V.; TORRES, J. L. R.; *et al.* Impacto técnico e econômico das perdas de solo e nutrientes por erosão no cultivo da cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 3, p. 539–550, 2011.

DE ANDRADE, R. B.; RAMACCIOTTI, R. E. L.; MARTINS, L. C. C. Confederação Nacional da Indústria – CNI. p. 78, 2012.

BARBOSA, A. F.; OLIVEIRA, E. F.; MIOTO, C. L.; *et al.* The Application of the Universal Soil Loss Equation by Using Free and Available Softwares. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 38, n. 1, p. 170, 2015.

BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; CASSOL, P. C.; *et al.* Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 485–494, 2004.

BERTONI, J.; PASTANA, F. I.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JÚNIOR, R. Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo, no Instituto Agrônômico. Campinas: IAC. Circular técnica, 20, p.57, 1986.

BEZERRA, S. A.; CANTALICE, J. R. B. Erosão entressulcos em diferentes condições de cobertura vegetal de solo, sob cultivo da cana-de-açúcar. **R. Bras. Ci. Solo**, v.30, n.3, p.565-573, 2006.

BOLONHEZI, D.; FILHO, O. J. V.; MELLO IVO, W. M. P.; *et al.* Manejo e Conservação de Solo e da Água em Áreas de Produção de Cana-de-açúcar. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2019.

BERTOL, O. J. ; RIZZI, N. E; BERTOL, I. ; *et al.* Perdas de solo e água e qualidade do escoamento superficial associadas à erosão entre sulcos em área cultivada sob semeadura direta e submetida às adubações mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, p. 781–792, 2007.

CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CARVALHO, G. J.; *et al.* Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. **R. Bras. Eng. Agríc e Ambiental**, v.16, n.6, p.632-638, 2012.

CARVALHO, D. F.; MONTEBELLER, C. A.; FRANCO, E. M.; *et al.* Padrões de precipitação e índices de erosividade para as chuvas de Seropédica e Nova Friburgo, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 7–14, 2005.

CARVALHO, J. L. N. *et al.* Agronomic and environmental implications of sugarcane straw removal: a major review. *GCB bionergy*, 2016.

CASTRO, L. G; COGO, N. P; VOLK, L. B. S. Alterações na rugosidade superficial do solo pelo preparo e pela chuva e sua relação com a erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, p. 339–352, 2006.

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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 743–753, 2003.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, primeiro levantamento, abril/2020 - **Companhia Nacional de Abastecimento**. – Brasília: Conab 2020.

DE AGUIAR, M. I.; MAIA, S. M .F.; DE OLIVEIRA, T. S.; *et al.* Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas agroflorestais no município de Sobral, CE. **Rev. Ciênc. Agron.**, p. 9, 2006.

DE MARIA, I. C.; DECHEN, S. C. F. Perdas por erosão em cana-de-açúcar. *Stab*, v.17, n.2, p.20-21, 1998.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria, UFSCar, p.255-258, 2000.

DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T.; LANDERS, J.; RAIMBOW, R.; REICOSKY, D.; SÁ, J.C.M.; STURNY, W.G.; WALL, P. & WARD, R.C. About the necessity of adequately defining no-tillage - a discussion paper. In: **WORLD CONGRESS OF CONSERVATION AGRICULTURE**, 5., Brisbane, 2011. Proceedings... Brisbane, 2011.

FAO; **Status of the world's soil resources: main report**. Rome, ITPS, 2015.

GUADAGNIN, J. C.; BERTOL, I.; CASSOL, P. C.; *et al.* Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 2, p. 277–286, 2005.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 1, p. 145–154, 1999.

IVO, W. M.; NEVES, J. A.; SANTOS, C. C.; *et al.* Perdas de solo e água em sistemas de manejo da palhada da cana-de-açúcar. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, 2018.

IZIDORIO, R.; MARTINS FILHO, M. V.; MARQUES JÚNIOR, J.; *et al.* Perdas de nutrientes por erosão e sua distribuição espacial em área sob cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 660–670, 2005.

LEAL, D. P.V. **Evapotranspiração da cana-de-açúcar e fotossíntese acumulada em biomassa e energia, para diferentes variedades, disponibilidades hídricas no solo e ciclos de cultivos**. Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

LEITE, R.C. de C. (Coord.). **Bioetanol combustível: uma oportunidade para o Brasil**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2009.

LLANILLO, R. F.; RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; *et al.* Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. **Semana: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 2, p. 205, 2006.

MARTINS FILHO, M. V.; LICCIOTI, T. T.; PEREIRA, G. T.; *et al.* Perdas de solo e nutrientes por erosão num Argissolo com resíduos vegetais de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 1, p. 8–18, 2009.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; *et al.* Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p. 395–403, 2003.

MELLO, G.; BUENO, C. R. P.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de perdas de solo, do potencial natural e risco de erosão em áreas intensamente cultivadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 315–322, 2006.

MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; *et al.* Soil penetration resistance in a rhodic eutrudox affected by machinery traffic and soil water content. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 4, p. 748–757, 2013.

NASCIMENTO, P C; , LOMBARDI, F. Razão de perdas de solo sob cultivo de três leguminosas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. p. 5, 1999.

OKUNO, F. M. **Desempenho econômico de um sistema de produção de biomassa da cana energia**. Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

PANACHUKI, E. ; ALVES SOBRINHO, T. ; VITORINO, A. C. T.; *et al.* Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura-pecuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 261–268, 2006.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. Em Cana-de-Açúcar: Bioenergia, Açúcar e Álcool – Tecnologias e Perspectivas; Santos, F.; Borém, A.; Caldas, C.; eds.; Ed. da UFV: Viçosa, 2010, cap. 10.

Ripoli, T. C. C.; *Sci. Agric.* 2000, 57, 677.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5a edição revista e ampliada. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, F. A.; QUEIRÓZ, J. H. ; COLODETTE, J. L.; *et al.* Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. **Química Nova**, v. 35, n. 5, p. 1004–1010, 2012.

SÁ, V.A.; BIANCHI, M.L. Métodos de Pré-tratamentos da Biomassa Lignocelulósica para Produção de Bioetanol. **II Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira Belo Horizonte** - Set 2015.

SILVA, A. M.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; *et al.* Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 12, p. 1223–1230, 2005.

SILVA, M. A.; ARANTES, M. T.; RHEIN, A. F. L.; *et al.* Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 241–249, 2014.

SOUSA, G. B.; MARTINS FILHO, M.; MATIAS, S. S. Perdas de solo, matéria orgânica e nutrientes por erosão hídrica em uma vertente coberta com diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar em Guariba - SP. **Engenharia Agrícola**. 2012.

THOMAS, A. L. Desenvolvimento da planta de cana-de-açúcar. p. 22, 2015 .

TÔSTO, S. G; SOBRINHO, R. P; CAIXETA, D .Valoração ambiental da perda de solo na cultura da cana-de-açúcar sob colheita queimada e mecanizada no município de araras, sp
1.Embrapa monitoramento por satélite, campinas - SP - Brasil; 2.Unicamp, campinas - sp - Brasil; 3.universidade federal de Uberlândia, Uberlândia - MG - brasil. P. 4, .

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; CANTARELLA, H.; *et al.* Mineralização da palhada e crescimento de raízes de cana-de-açúcar relacionados com a adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. spe, p. 2757–2762, 2008.

VOLK, L. B. S.; COGO, N. P. Inter-relação biomassa vegetal subterrânea-estabilidade de agregados-erosão hídrica em solo submetido a diferentes formas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1713–1722, 2008.

ZIMBACK, C.R.L. Geoestatística. Botucatu: FCA – UNESP, 2003. 25p. Apostila.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Jeferson Azevedo das Neves

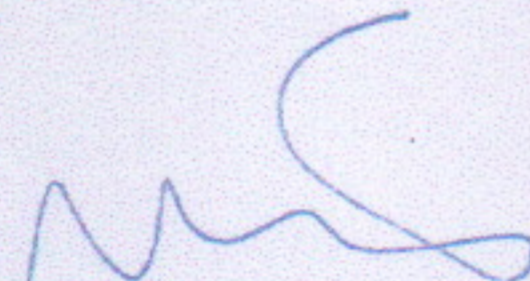
PERDAS DE SOLO E ÁGUA COMO INDICADORES DO MANEJO DA PALHADA DA CANA-DE-AÇUCAR, VISANDO À PRODUÇÃO DE BIONERGIA.

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para
obtenção do grau de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal de
Alagoas.

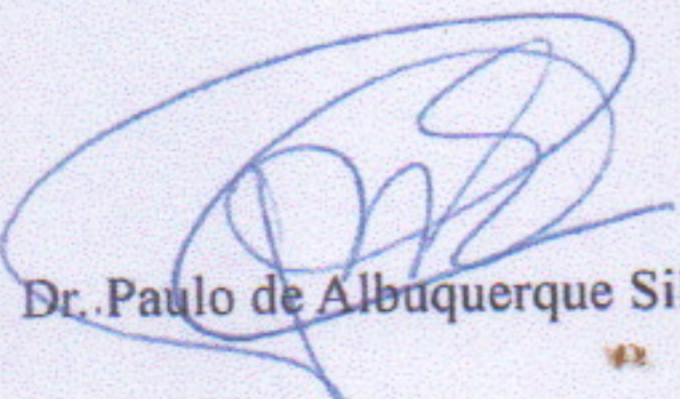
Orientador (a): Dra. Walane Maria Pereira de Mello Ivo

Esse trabalho de conclusão foi defendido e aprovado pela banca em:
21 / 06 /2021

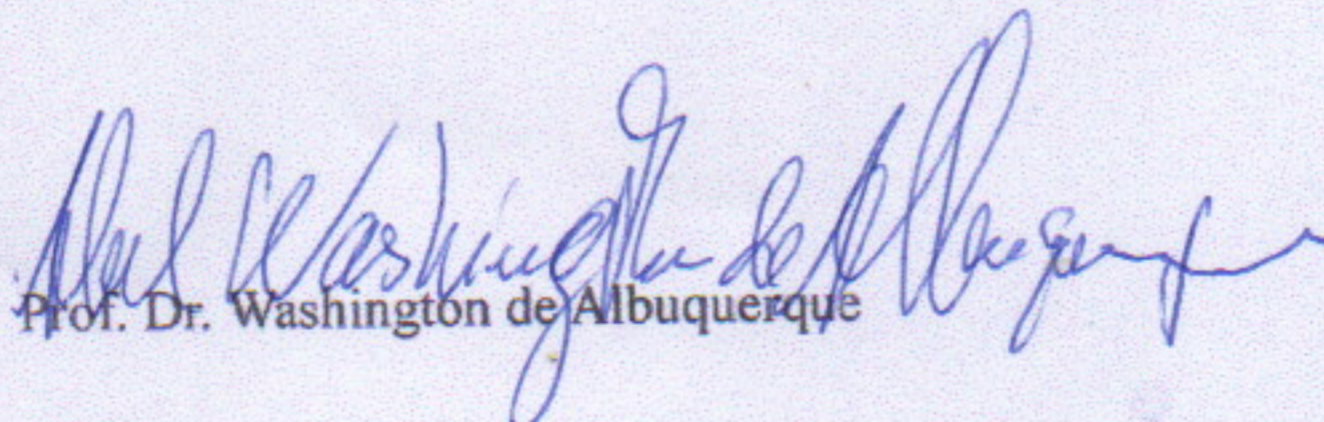
BANCA EXAMINADORA:



Dra. Walane Maria Pereira de Mello Ivo



Dr. Paulo de Albuquerque Silva



Prof. Dr. Washington de Albuquerque