

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E AGRONÔMICOS DE CANA-SOCA
SUBMETIDA A NÍVEIS DE PALHIÇO**

JOÃO ALFREDO NETO DA SILVA

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2015**

**ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E AGRONÔMICOS DE CANA-SOCA
SUBMETIDA A NÍVEIS DE PALHIÇO**

JOÃO ALFREDO NETO DA SILVA
Mestre em Agronomia, Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. CRISTIANO MÁRCIO ALVES DE SOUZA

Tese apresentada à Universidade Federal
da Grande Dourados, como parte das
exigências para obtenção do título de
Doutor em Agronomia – Produção
Vegetal.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S586a	Silva, João Alfredo Neto da. Atributos químicos, físicos e agronômicos de cana-soca submetida a níveis de palhiço. / João Alfredo Neto da Silva. – Dourados, MS : UFGD, 2015. 94f. Orientadora: Prof. Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados. 1. Cana-de-açúcar - Dourados. 2. Cana-de-açúcar - Manejo do palhiço. 3. Enleiramento. I. Título. CDD – 633.61
-------	---

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E AGRONÔMICOS DE CANA-SOCA
SUBMETIDA A NÍVEIS DE PALHIÇO

por

João Alfredo Neto da Silva

Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
DOUTOR EM AGRONOMIA

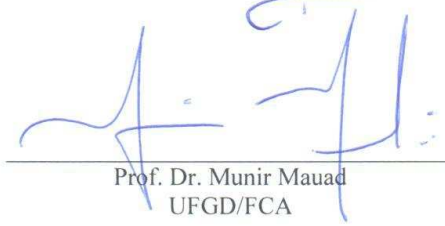
Aprovado em: 24 de Fevereiro de 2015



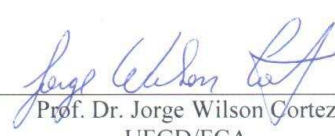
Prof. Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza
Orientador - UFGD/FCA



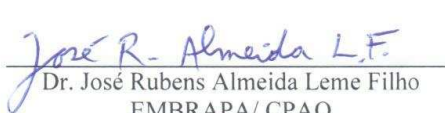
Prof. Dr. Antonio Carlos Tadeu Vitorino
UFGD/FCA



Prof. Dr. Munir Mauad
UFGD/FCA



Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez
UFGD/FCA



Dr. José Rubens Almeida Leme Filho
EMBRAPA/ CPAO

*“Destruam as cidades e conservem os campos, e as cidades ressurgirão.
Destruam os campos e conservem as cidades, e estas sucumbirão.”*

Abraham Lincoln

Ofereço

A DEUS por ser a razão do meu existir e fonte de toda força de que precisei....

*aos meus pais JOSÉ FULGÊNCIO DA SILVA e RENATA KAMPHORST DA SILVA,
que me deram além da vida, respeito, educação e condições
de estudo em todos os momentos de minha vida....,*

*.....aos meus queridos irmãos NEUSA LIAMAR DA SILVA, NEIVA RENATE DA SILVA
KOCHEN e CESAR JOSÉ DA SILVA, pelo apoio dedicado
durante esta minha caminhada.*

DEDICO

*Dedico aos meus familiares, a minha noiva e amigos
que me apoiaram e incentivaram para a conquista desta vitória
após anos de luta e dedicação.*

*Nesta caminhada muitas vezes me perguntava se tanto esforço valeria a pena,
a alegria de estar concluindo esta etapa responde todas aquelas dúvidas.*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a DEUS pela vida.

Ao Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza, pela valiosa orientação e apoio durante a execução deste trabalho.

À Universidade Federal da Grande Dourados, pela oportunidade da realização deste trabalho e de aperfeiçoamento de meus estudos.

À Usina São Fernando Açúcar e Álcool e aos seus funcionários, por ter cedido área para a realização de diversos trabalhos e pelo intenso apoio prestado.

A todos os professores e funcionários desta instituição que colaboraram para o desenvolvimento do curso.

À Fundect, pela bolsa concedida.

À Embrapa, Finep e Fundect, pelo auxílio financeiro para condução do experimento.

Ao Laboratório de Análises de Solo e Tecido da Embrapa Agropecuária Oeste, pelo apoio na realização deste trabalho.

Aos colegas de doutorado, pelos momentos de descontração que passamos juntos.

Aos amigos e colegas, pela amizade e pela ajuda prestada nas horas de maior necessidade na execução deste trabalho.

À minha noiva Márcia Luiza Santos, pela paciência, palavras de apoio e carinho nos momentos difíceis.

Ao meu irmão Cesar José da Silva, pelo apoio e orientações durante a execução deste trabalho.

Os meus mais sinceros agradecimentos a todas as pessoas que, de alguma forma, embora não aqui mencionadas, contribuíram, incentivaram e facilitaram a realização deste trabalho.

Muito Obrigado!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
4. ARTIGO 1.....	14
VELOCIDADES DE ENLEIRAMENTO E NÍVEIS DE PALHIÇO NOS ATRIBUTOS AGRONOMICOS E TECNOLÓGICOS DA CANA-DE-AÇÚCAR	14
RESUMO	14
WINDROWING SPEEDS AND STRAW LEVELS IN AGRONOMIC AND TECHNOLOGICAL ATTRIBUTES OF SUGARCANE.	
ABSTRACT	15
INTRODUÇÃO.....	16
MATERIAL E MÉTODOS.....	17
RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
CONCLUSÕES	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
5. ARTIGO 2.....	41
NÍVEIS DE PALHIÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR SOBRE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO	41
RESUMO	41
STRAW LEVELS OF SUGARCANE ON SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES.	
ABSTRACT	42
INTRODUÇÃO.....	42
MATERIAL E MÉTODOS.....	45

RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
6. ARTIGO 3	73
NÍVEIS DE PALHIÇO SOBRE ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM ÁREA CULTIVADA COM CANA-DE-AÇÚCAR.....	73
RESUMO	73
LEVELS OF STRAW ON SOIL PHYSICAL PROPERTIES IN AREA CULTIVATED WITH SUGARCANE.	
ABSTRACT	74
INTRODUÇÃO.....	75
MATERIAL E MÉTODOS.....	77
RESULTADOS E DISCUSSÃO	81
CONCLUSÕES	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
7. CONSIDERAÇÕES GERAIS	95

RESUMO GERAL

SILVA, João Alfredo Neto da, Dr., Universidade Federal da Grande Dourados, fevereiro de 2015. Atributos químicos, físicos e agronômicos de cana-soca submetida a níveis de palhço. Orientador: Cristiano Márcio Alves de Souza.

As vantagens obtidas com o palhço como cobertura do solo foram relatadas por diversas pesquisas, entretanto qual quantidade seria suficiente para se obter melhorias para a cultura ainda não foi definida com exatidão. A quantidade de palhço que maximiza os benefícios para o solo e a cultura é informação de extrema importância, uma vez que determinara a quantidade a permanecer no campo, e o volume que pode ser usado em outros setores como a cogeração de bioeletricidade e a produção de bioetanol de segunda geração, obtendo-se assim, a máxima eficiência na conversão de energia solar pela cana-de-açúcar. Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o desenvolvimento da rebrota e a produtividade da cana-de-açúcar submetida a níveis de palhço sobre o solo; à ação mecânica do enleirador em velocidades de trabalho, para épocas de colheita; os efeitos de níveis de palhço sobre os atributos químicos e físicos de um Latossolo Vermelho distroférico, em épocas de colheita. A área experimental foi conduzida em Dourados, MS, com cana-soca de terceiro corte, nas épocas 1 (variedade RB 855156, ciclo precoce), época 2 (variedade RB 835486, ciclo médio) e época 3 (variedade RB 835054 ciclo tardio). Em cada época de colheita promoveu-se o enleiramento do palhço residual em quatro velocidades de trabalho (zero (manual); 7,1; 9,7; 11,6 e 14,2 km h⁻¹) e manteve-se sobre o solo quatro níveis de palhço (0; 5; 10 e 15 Mg ha⁻¹). Foram avaliados a altura de plantas, o número de colmos, o diâmetro dos colmos, a produtividade (TCH) e dados obtidos das análises tecnológicas (Brix, AR da cana, Pol da cana e ATR). As amostras de solo para atributos químicos foram coletadas em todas as parcelas experimentais, nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-20 cm, as amostras de solo indeformadas para avaliação dos atributos físicos do solo, foram coletadas nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-15 e 15-20 cm, e a resistência do solo à penetração até 40 cm de profundidade, após a colheita da cana-de-açúcar em 2012, antes do estabelecimento dos níveis de palhço (inicial) e após a colheita da soqueira na safra 2013 (final), ocorrida após 12, 12 e 9,5 meses nas épocas

1, 2 e 3, respectivamente. Para atributos químicos foram analisados os teores de pH (CaCl_2), cálcio (Ca^{++}), magnésio (Mg^{++}), fósforo (P) disponível, potássio trocável (K), saturação por base (V%) e matéria orgânica (MO) e para atributos físicos do solo foram realizadas as seguintes determinações: densidade, macro e microporosidade do solo, porosidade total e resistência do solo à penetração. Os níveis de palhicho não influenciaram a produção de colmos na colheita de início e meio de safra e na colheita de final de safra obteve-se produção máxima de colmos com a manutenção de 5 Mg ha^{-1} de palhicho. Não houve efeito das velocidades de enleiramento na colheita de início de safra, na colheita de meio de safra obtiveram-se maiores produtividades de colmos nas velocidades de enleiramento de $7,1$ e $14,2 \text{ km h}^{-1}$, e na colheita de final de safra na velocidade de $14,2 \text{ km h}^{-1}$. A produção de açúcares da cana por hectare não é alterada em função dos níveis de palhicho e das velocidades de enleiramento do palhicho. O recolhimento parcial do palhicho realizado uma única vez, não promoveu redução na produção de açúcares por unidade de área na safra seguinte. O enleiramento do palhicho a velocidades de até $14,2 \text{ km h}^{-1}$, proporcionam maior capacidade operacional, sem redução na produção de colmos e açúcares em uma safra. Não houve aumento significativo nos teores dos nutrientes avaliados nas camadas superficiais do solo, após um ano de cultivo, mesmo com a manutenção de 15 Mg ha^{-1} de palhicho e não houve incremento nos valores de matéria orgânica avaliados nas camadas superficiais do solo, após um ano de cultivo, mesmo com o recolhimento total do palhicho, independente da época de colheita da cana. Desta forma sugere-se a possibilidade de realizar o recolhimento parcial do palhicho para outros usos sem afetar os atributos químicos do solo, na safra seguinte. Para as três épocas avaliadas, as parcelas com resíduos de palhicho distribuídos na superfície do solo pela colheita mecânica de cana crua ocorreu redução na densidade, microporosidade e porosidade total do solo e aumento da macroporosidade do solo, após um ano de avaliação. Os valores de densidade do solo foram elevados, mas não impeditivos ao crescimento da planta; nas três épocas de colheita e em todos os níveis de palhicho avaliadas. As quantidades de resíduos vegetais distribuídos na superfície do solo não apresentaram diferença para a resistência à penetração do solo, após um ano de avaliação.

Palavras-chave: *Saccharum spp.*, cobertura do solo, enleiramento, colheita mecanizada.

ABSTRACT

SILVA, João Alfredo Neto da, Dr., Federal University of Grande Dourados, February 2015. Chemical, physical and agronomics attributes of sugarcane ratoon underwent to chaff levels. Advisor: Cristiano Marcio Alves de Souza.

The advantages obtained with the chaff as ground cover have been reported by many researches, however what quantity would be sufficient to obtain improvements for culture were not exactly defined. The amount of chaff which maximizes the benefits to the ground and the culture is paramount importance information, once it will determine the amount to remain in the field, the volume that can be used in other sectors such as cogeneration bioelectricity and production of second generation bioethanol, thus obtaining the maximum conversion efficiency of the solar sugarcane. This way, the aim of this study was to evaluate the development of regrowth and productivity of sugarcane underwent to chaff levels above the ground; the mechanical action of swather in working speeds to harvest time; the effects of straw levels on chemical and physical attributes of an Oxisol Haplorthox at harvest time. The experimental area was carried out in Dourados, MS, with third cut cane ratoon, at times 1 (variety RB 855156, early cycle), time 2 (variety RB 835486, average cycle) and time 3 (variety RB 835054 late cycle) . At each harvest time promoted bunching up of the residual straw in four operating speeds (0 (manual); 7.1; 9.7; 11.6 and 14.2 km h⁻¹) and kept on ground four levels of straw (0, 5, 10 and 15 Mg ha⁻¹). It was evaluated plant height, number of stems, stem diameter, productivity (TCH) and technical analysis (Brix, sugarcane AR, Pol cane and ATR). The soil samples for chemical attributes were collected in all experimental parcels at depths of 0-5; 5-10; 10-20 cm, the undisturbed soil samples to assess the physical attributes of soil were collected at depths of 0-5; 5-10; 10-15 and 15-20 cm, and soil penetration resistance up to 40 cm depth, after the harvest of sugarcane in 2012, before the establishment of straw levels (initial) and after harvest of ratoon crop in 2013 (final), occurred after 12, 12 and 9.5 months in the times 1, 2 and 3, respectively. For chemical attributes were analyzed pH levels (CaCl₂), calcium (Ca ++), magnesium (Mg ++), phosphorus (P) available changeable potassium (K), based saturation (%) and organic matter (OM) and soil physical properties the following determinations were performed: density, macro and microporosity of the soil, total

porosity and soil resistance to penetration. The chaff levels did not influence the production of stems in the early and half harvest crop and in the final crop was obtained maximum production of stems with maintaining 5 Mg ha⁻¹ of straw. There was no effect of raking speeds in the harvest of early harvest, the crop through crop yielded higher yields of stems in windrowing speeds of 7.1 and 14.2 km h⁻¹, and the final harvest crop at the speed of 14.2 km h⁻¹. The production of cane sugar per hectare is not changed depending on the straw levels and speeds of windrowing the straw. The partial payment of straw held only once, did not promote reduction in the production of sugars per unit area in the next harvest. The windrowing of straw at speeds up to 14.2 km h⁻¹, provide greater operational capacity, without reduction in the production of stems and sugars in a crop. There was no significant increase in the levels of the evaluated nutrients in the topsoil, after a year from planting, even with the maintenance of 15 Mg ha⁻¹ of chaff and there was no increase in the amount of organic matter evaluated in the topsoil after a year of cultivation, even with the total gathering straw, regardless of the age of the cane harvest. This way it is suggested the possibility of performing the partial gathering of straw for other uses without affecting the soil chemical attributes, in the following harvest. For the three periods evaluated, the parcels with straw waste spread on the surface of the soil by mechanical harvesting of raw cane occurred a reduction in density, microporosity and total soil porosity and increased soil macroporosity, after a year of assessment. Soil density values were high, but without hindering the growth of the plant; the three harvest times and in all evaluated straw levels. The amount of vegetable waste spread on the soil surface did not differ for the soil resistance to penetration, after a year of assessment.

Key words: *Saccharum* spp., ground cover, bunching, mechanical harvesting.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Novos meios para geração de energia renovável e sustentável vêm sendo estudado no mundo, em busca de alternativas para substituição dos combustíveis fósseis, não renováveis. Com destaque no cenário mundial a cana-de-açúcar, é importante fonte de matéria-prima para geração de energia renovável e para outros usos, tais como, a alimentação, o biocombustível e a bioeletricidade.

Há um declínio progressivo da produção da cana-de-açúcar a partir da primeira soca que, após alguns anos, resulta na necessidade de renovação do canavial. O manejo das soqueiras é um fator primordial para a manutenção de altas produtividades e o retardamento da renovação do canavial. Isso tem como consequência considerável atenuação do impacto dos custos operacionais de plantio sobre os custos totais da empresa, tornando o seu produto mais competitivo no mercado consumidor.

As vantagens obtidas com o palhiço como cobertura do solo foram relatadas por diversas pesquisas, entretanto qual quantidade seria suficiente para se obter melhorias para a cultura ainda não foram definidas com exatidão. A quantidade de palhiço que promove benefícios para o solo e a cultura são informações de extrema importância, uma vez que determinarão a quantidade a permanecer no campo, para maior benefício da cultura e, o volume que pode ser usado em outros setores como a cogeração de bioeletricidade e a produção de bioetanol de segunda geração, obtendo-se assim, a máxima eficiência na conversão de energia solar pela cana-de-açúcar.

Práticas conservacionistas como o cultivo de cana-de-açúcar sem queima buscam entre outros benefícios, a preservação do solo, porém alterações nas suas propriedades físicas continuam sendo observadas, geralmente atribuída ao tráfego intenso de máquinas agrícolas em condições de alta umidade no solo.

A compactação do solo, resultado do tráfego de máquinas agrícolas, em solos com umidade inadequada, é uma preocupação desde o início da mecanização na agricultura brasileira, e é um dos fatores que mais interferem, em virtude das modificações ocasionadas nas propriedades físicas, para alcançar a sustentabilidade dos solos agrícolas.

Desta forma, a utilização de máquinas e com operações frequentes em áreas de produção de cana-de-açúcar, deve vir acompanhada de técnicas de manejo que possibilitem a menor alteração possível nas características físicas dos solos, permitindo a sustentabilidade dessas áreas e evitando sua degradação. A manutenção, ao menos

parcial, do palhiço resultante da colheita mecanizada de cana crua promovendo a cobertura permanente do solo com certeza contribuirá para o alcance da sustentabilidade.

Algumas práticas agrícolas causam alterações nos atributos do solo que resultam na degradação do solo e, em último caso, na degradação dos ecossistemas. Por outro lado, a utilização de práticas que promovam uma melhoria dos atributos do solo deve ser preconizada com o objetivo de proporcionar às plantas condições favoráveis de desenvolvimento.

Apesar das visíveis vantagens quanto ao aspecto ambiental, a grande quantidade de palhiço sobre a área de cultivo acaba por interferir no desenvolvimento e produção, e dificultar tratos culturais na rebrota da cana-de-açúcar. Para que o gestor da unidade produtiva de cana-de-açúcar possa decidir sobre a implantação de um sistema que mantenha o palhiço na área após a colheita mecanizada da cana crua é preciso que se tenha em mãos uma série de informações relevantes para o sucesso da produção.

A quantidade de palhiço que afeta o desenvolvimento e tratos culturais, é de fundamental importância na tomada de decisão da permanência ou não deste material na área. Outro fator é a forma de retirar esse resíduo do campo, sabendo-se que o equipamento utilizado para o enleiramento ou desenleiramento pode causar injúrias mecânicas às plantas, afetando de forma direta e indireta seu desenvolvimento.

Para que seja realizado o manejo do palhiço nas áreas cultivadas com cana-de-açúcar, sendo essa técnica incorporada e utilizada no manejo da cana soca, é preciso promover ajustes no sistema de produção da cultura.

Este trabalho contém três artigos, todos realizados em Latossolo Vermelho distroférico de textura argilosa, em área de colheita mecanizada de cana-de-açúcar sem queima (cana crua) no início, meio e final da safra. No primeiro é descrita a influência de níveis de palhiço resultante da colheita mecanizada de cana crua e da ação do enleiramento em diferentes velocidades sobre variáveis produtivas e tecnológicas da cana-de-açúcar. O segundo artigo avalia o efeito promovido por níveis de palhiço nos atributos químicos do solo. O terceiro e último artigo avalia níveis de palhiço resultante da colheita mecanizada de cana crua nos atributos físicos do solo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A área cultivada com cana-de-açúcar que será colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2014/15 será de aproximadamente nove milhões, quatro mil e quinhentos hectares, distribuídos em todo o território nacional. O estado de São Paulo permanece como o maior produtor com 52% (4.685,7 mil hectares) da área plantada, seguido por Goiás com 9,5% (854,2 mil hectares), Minas Gerais com 8,9% (805,5 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 7,4% (668,3 mil hectares), Paraná com 7,1% (635,0 mil hectares), Alagoas com 4,3% (385,3 mil hectares) e Pernambuco com 2,9% (260,1 mil hectares). Os demais estados produtores possuem áreas menores, com representações abaixo de 3%.

A área de cana-de-açúcar na safra 2014/15 apresentou um crescimento de 2,2% ou 193,1 mil hectares em relação à safra passada. Esse aumento está concentrado nos estados em que teve o maior aumento de novas unidades e corresponde à consolidação das áreas destas novas indústrias. Os estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais e Paraná responderam por esse crescimento (CONAB, 2014).

A produtividade obtida no Mato Grosso do Sul na safra 2014/15 apresentou uma considerável melhora em relação à safra passada, com um crescimento de 6,9% passando de 63,40 Mg ha⁻¹ para 67,78 Mg ha⁻¹, continuando com produtividades médias abaixo da média nacional, fato que ocorreu no Centro-Oeste como um todo, que teve um crescimento de 4,67% da safra 2013/14 para safra 2014/15. Entretanto, no cenário nacional houve redução na média de produtividade de 74,77 Mg ha⁻¹ para 71,31 Mg ha⁻¹, da safra 2013/14 para safra 2014/15, respectivamente (CONAB, 2014).

Estes valores expressivos de área e produtividades evidenciam a importância da cana-de-açúcar, que está correlacionada à sua elevada capacidade de adaptação aos mais diversos ambientes edafoclimáticos e, principalmente, à sua múltipla utilização.

Além da produção de açúcar e etanol, nos últimos anos vem se destacando a utilização da biomassa da cana-de-açúcar, como o palhço e o bagaço, para a geração de energia elétrica. Isto está relacionado ao seu aspecto renovável e de baixo impacto ambiental da biomassa produzida, o que auxilia nas reduções das emissões de gases causadores do efeito estufa, assim como, a grande quantidade de biomassa existente na cultura, ainda pouco aproveitada (DEFILIPPI FILHO, 2013).

Avaliar o aproveitamento do palhiço para a geração de energia pode ser feito com base no custo e no balanço de energia, ou seja, a energia gerada por essa biomassa menos a energia consumida no processo. O palhiço fornece, em média, 13.551 MJ.t^{-1} , sendo que no Brasil este material, se for recolhido e levado até as usinas, pode gerar energia suficiente para abastecer 9,85 milhões de pessoas de consumo de baixa renda, por ano, enquanto que o bagaço, que já é amplamente utilizado para produção energética, poderia atender, 55 milhões de pessoas (RIPOLI e RIPOLI, 2001).

A viabilidade técnica e econômica de geração de eletricidade, a partir de resíduos de colheita de cana crua, foi estudada por Ripoli e Molina Júnior (1991), que estimaram que, de 1 hectare de canavial, poderia obter em torno de 67.080 Mcal, em equivalentes energéticos, assim distribuídos: 20,09% na forma de álcool, 40,03% no aproveitamento do bagaço como combustível para fornalhas de caldeiras de usinas e destilarias, e os restantes 39,88%, estariam contidos no material remanescente da colheita (ponteiros, folhas verdes, palhas, colmos e suas frações não colhidos), principalmente, a mecanizada.

Betancourt (1976), Aguillar et al. (1989), Ripoli et al. (1990) COPERSUCAR (1998) e Ripoli et al. (1990), concluíram que o palhiço varia entre 15 e 31% em peso úmido, em relação à quantidade de colmos industrializáveis dependendo das condições de campo (variedade, idade, número de corte e condições edafoclimáticas) e que seu poder calorífico útil é da ordem de $3.600 \text{ kcal kg}^{-1}$. O poder calorífico deste material é equivalente ao da madeira e superior ao do próprio bagaço da cana, o que o torna não mais um material descartável, mas um importante produto para agregação de valor para o setor sucroalcooleiro (RIPOLI, 1991).

Para muitas usinas a viabilidade econômica para a instalação de novos projetos e também para o aumento da rentabilidade financeira ocorre com a geração de bioeletricidade, que se tornou um produto e fonte de receita adicional da industrialização da cana-de-açúcar. Desta forma, pode se tornar um fator limitante para a permanência de algumas unidades industriais na cadeia produtiva, a ausência de sistemas de cogeração, capazes de gerar e comercializar energia elétrica excedente à rede (DEFILIPPI FILHO, 2013).

Juntamente com a questão da viabilidade econômica andam as alterações na legislação ambiental que regulamentam a proibição do emprego do fogo para a despalha da cana-de-açúcar na pré-colheita, tornando cada vez menos usual esta técnica. Esse fato tem ajudado a acelerar o aumento da colheita mecânica de cana-de-açúcar e,

consequentemente, a necessidade de manejo do palhiço remanescente no campo. Somado a fatores como, a necessidade de redução de custo de produção e o uso de novas tecnologias para elevar a produtividade têm feito com que o setor sucroenergético mude os seus conceitos e estude novos caminhos e soluções.

Um dos caminhos adotados é a mudança do sistema de colheita da cana-de-açúcar com o uso de fogo para a colheita mecanizada, chamada de colheita de cana verde ou de cana crua. Esse processo de adoção da colheita mecânica de cana crua encontra-se avançado em muitas áreas, sendo irreversível, gradativo e contínuo.

A mecanização da colheita de cana-de-açúcar é inevitável, pois a capacidade de trabalho de uma colhedora equivale a de, aproximadamente, 100 cortadores, podendo chegar ao rendimento de 15 a 20 Mg h⁻¹, enquanto um trabalhador é capaz de cortar de 5 a 6 Mg dia⁻¹ (COSTA NETO, 2006). Porém, isso não determina a perda de 99% dos postos de trabalho na operação de colheita, pois uma frente de colheita não emprega só os operadores de colhedoras, mas também operadores de transbordo, mecânicos, além dos empregos indiretos gerados nas indústrias produtoras de máquinas, logicamente a mecanização causa redução do número total de empregos, porém com substituição de parte dos empregos de cortador de cana por outros de melhor remuneração e menos insalubre e com maior exigência de qualificação.

A substituição da colheita manual pela mecanizada da cana é movido pelo aspecto econômico e acelerado por outros fatores, como a legislação e as pressões populares. Ribeiro e Pesquero (2010) relatam que com a proibição da queima da cana para seu despalhamento pré-colheita tem-se alcançado contribuição à melhoria da qualidade do ar e a prevenção de doenças.

O balanço de dióxido de carbono (CO₂) torna-se ainda mais positivo com a adoção de sistema sem queima do canavial, uma vez que o carbono que seria emitido imediatamente durante a queimada, pode permanecer no sistema e ser incorporado ao solo, favorecendo o desenvolvimento de microrganismos, reduzindo assim o impacto ambiental (MARQUES et al., 2009).

No Brasil, aproximadamente, 98% das emissões de gases provenientes da queima de resíduos agrícolas é de responsabilidade da cultura da cana-de-açúcar (LIMA, 1999). Entretanto, a cultura reabsorve o equivalente ao CO₂ emitido, tornando o balanço entre a emissão de CO₂ durante as queimadas e a retirada de CO₂ do ambiente, pelo processo fotossintético nulo (SILVA, 1996).

Portanto, ao se colher a cana-de-açúcar crua, o produtor canavieiro que erradicar a queima na colheita, deixará de emitir $0,286 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de material particulado (MP) e $13,53 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em CO_2 (PAULA et al., 2010). Somado a isso, o solo funciona como um compartimento sequestrador de carbono atmosférico (LUCA et al., 2008).

A deposição e a manutenção do palhicho sobre a superfície do solo é uma técnica de manejo que contribui para a conservação do solo, contudo, em relação às práticas agronômicas ainda pode ser causador de alguns problemas relacionados ao manejo da cultura (FURLANI NETO et al., 1994). Desta forma, faz-se necessário ter conhecimento aprofundado sobre os benefícios do palhicho no campo que permita decidir sobre a relação ideal entre palha no solo/palha removida, de forma a melhor contribuir com a sustentabilidade do setor.

A quantidade ideal de palha que precisa ser mantida no solo é dependente de uma série de fatores. Em determinadas épocas do ano o canavial necessita de maior quantidade de palha no solo, visando proteção contra erosão, suprimento de nutrientes, proteção contra a incidência direta da radiação solar no solo, retenção de umidade e redução da incidência de plantas daninhas. Somado a isto, observa-se que a taxa de decomposição da palha é diferente dependendo da época da colheita do canavial e das características climáticas do local (CERRI et al., 2011).

Ao se colher a cana crua, as folhas secas e verdes dos colmos, pedaços estilhaçados de colmos, perfilhos mortos, ponteiros e colmos não transportados, além de restos vegetais de plantas daninhas formam uma camada de palhicho de até $30 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (PAULA et al., 2010), com espessura inicial aproximada entre 8 a 12 cm sobre o solo, o que contribui para a atenuação da compactação superficial e a redução da erosão. Além disso, aumenta o teor de matéria orgânica, melhora da capacidade de troca catiônica (CTC), favorecendo o microclima próximo ao solo, evitando amplitudes térmicas e mantendo a umidade por um período bem maior, influenciando a dinâmica da matéria orgânica do solo (CERRI et al., 2011) e, reduzindo as perdas de solo e nutrientes (MARTINS FILHO et al., 2009).

A deposição e a manutenção do palhicho sobre a superfície do solo, não são apenas vantagens, pode também causar problemas relacionados ao manejo da cultura (FURLANI NETO et al., 1997). Podem ser citadas dificuldades durante as operações de cultivo e adubação da soca (AUDE et al., 1993), baixa taxa líquida de mineralização de nitrogênio no período de um ano agrícola (TRIVELIN et al., 1995), dificuldade de

execução de controle seletivo de plantas daninhas e aumento das populações de pragas que se abrigam e multiplicam sob o palhiço (MACEDO et al., 2003). Além disso, o grande volume de palhiço sobre a cana soca pode dificultar a sua emergência, causando falha na rebrota, especialmente nas variedades melhoradas que foram desenvolvidas num sistema de colheita com queima, que favorecia a maior taxa de emergência da cana soca (VASCONCELOS et al., 2003).

O maior ou menor tempo de permanência do palhiço sobre o solo depende da decomposição, que está relacionada com as condições ambientais, tais como disponibilidade hídrica e de oxigênio, como também da composição química do substrato (razão C/N, teores de celulose, hemicelulose, lignina e polifenóis) (OLIVEIRA et al., 1999), influenciando, desta forma a taxa de decomposição e a dinâmica do carbono (NG KEE KWONG et al., 1987; SIQUEIRA e FRANCO, 1988; OLIVEIRA et al., 1999; PAULA et al., 2010).

A razão C/N, que é um parâmetro indicador do potencial húmico dos resíduos orgânicos no solo, no caso do palhiço, é de aproximadamente 100:1, enfatizando que tanto o carbono como o nitrogênio são muito importantes na decomposição (LYNCH, 1986). Quando a razão C/N atinge 17/1, ocorre uma igualdade entre a quantidade de nitrogênio imobilizado e a quantidade mineralizada. Para relações C:N maiores que 20, caso do palhiço, ocorre imobilização no início da decomposição (SIQUEIRA e FRANCO, 1988).

Após a colheita da cana crua, uma cobertura de palhiço de 10 a 20 Mg ha⁻¹ de material seco permanece na superfície do solo, o que corresponde de 40 a 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Ainda, após um ano de decomposição, são liberados para o solo 85% do K, 44% do Ca e 39% do Mg presentes na palha (ABRAMO FILHO et al., 1993; TRIVELIN et al., 1995 e 1996).

Os tecidos vegetais podem ser fracionados em celulose, hemicelulose, lignina, proteína, materiais hidrossolúveis e materiais éter-solúveis (ABRAMO FILHO, 1993). A palhada contém principalmente matérias celulósicas (celulose + hemicelulose: 69,71%) e lignina (19,71%). A velocidade da decomposição da celulose e hemicelulose é bem maior do que a da lignina, sendo que esta última, juntamente com o nitrogênio, apontados como agentes controladores da taxa de decomposição de substratos vegetais, quanto maior o teor destas substâncias, mais demorada será a decomposição (MELILLO et al., 1982; GALVÃO et al., 1991; SANGER et al., 1996).

Outro fator importante é o aumento do rendimento da produção da cana-de-açúcar em 10 Mg ha⁻¹, na área de colheita de cana-de-açúcar com manutenção do palhiço em relação à área sem a presença de palhiço (WATANABE et al., 2004).

Um dos fatores que influenciam diretamente no crescimento da cana-de-açúcar é o solo, servindo como substrato aonde as plantas vão se desenvolver e dele retirar os nutrientes de que necessitam (ORLANDO FILHO, 1983). Contudo, por ser uma planta rústica, a cana-de-açúcar desenvolve-se bem em praticamente todos os tipos de solo. Para o bom desempenho da cultura, recomenda-se evitar solos com: profundidade efetiva inferior a 1,0 m, lençol freático elevado e má drenagem, excessivamente argilosos ou arenosos e excessivamente declivosos. Declives superiores a 15% são limitantes ao emprego de máquinas (ANDRADE, 2001).

O tráfego de equipamentos de forma repetitiva em áreas de colheita de cana crua causam uma intensa degradação dos atributos físicos do solo, induz mudanças no comportamento das partículas dos agregados do solo, ocasionando a deterioração de sua estrutura provocando, assim, o processo de compactação do solo (IAIA et al., 2006). O problema se agrava quando o solo é trabalhado com um conteúdo de água elevado, inadequado para as atividades agrícolas (SILVA e RIBEIRO, 1992; ROQUE et al., 2001; SILVA e CABEDA, 2006; CASTRO et al., 2013). Sendo muitas vezes inevitável realizar as operações de manejo com umidades inadequadas devido à inviabilidade econômica e operacional (a fermentação parada por muito tempo é drasticamente acometida por proliferação de bactérias) de suspender o fornecimento de matéria-prima à indústria por um teor de umidade mais adequado ao trânsito de máquinas.

Os atributos do solo mais frequentemente avaliados em pesquisas de manejo de resíduos vegetais de colheita são o teor de C e a estabilidade dos agregados. O teor de C é usado para calcular a concentração da matéria orgânica do solo (MO), devido ela ser responsável por melhorar suas condições químicas, físicas e biológicas (SIX et al., 2004). A estabilidade dos agregados é o indicador da estrutura do solo (SIX et al., 2000), pois uma estruturação adequada favorece a fertilidade do solo, aumenta seu potencial produtivo e diminui a erodibilidade, sendo fator-chave para moderar o sequestro de C no solo (BRONICK e LAL, 2005).

A supressão da queima com manutenção da palhada sobre o solo resultou em maior concentração de MO, em solo muito argiloso (ORLANDO FILHO et al., 1998) e de textura média (SOUZA et al., 2005), mas não em solo muito arenoso (BALL-COELHO et al., 1993). Também foram registrados aumentos na concentração

de macroagregados estáveis em água, devido à supressão da queima do canavial (CEDDIA et al., 1999; SOUZA et al., 2005). Outros estudos encontraram correlação positiva entre concentrações de MO e estabilidade de macroagregados (CERRI et al., 1991; BLAIR, 2000).

Entretanto, alguns trabalhos demonstraram que o uso de máquinas na colheita da cana crua ocasionou compactação do solo (CEDDIA et al., 1999; SOUZA et al., 2005), devido ter ocorrido aumento na densidade do solo e diminuição da porosidade total do solo.

Da mesma forma que o tráfego de máquinas, a queima da palhada também interfere na qualidade química, física e biológica do solo. A incorporação da palhada aumenta o teor de matéria orgânica, a macroporosidade e o teor de água no solo, a estabilidade de agregados, além de reduzir o valor da resistência do solo à penetração e aumentar o potencial produtivo (BRAIDA et al., 2006; BRAIDA et al., 2010).

Outro fator que pode influenciar negativamente os atributos físicos do solo é ficar longo período de cultivo sem reforma do canavial, aumentando a densidade e reduzindo a macroporosidade, podendo também reduzir a estabilidade de agregados, quando comparadas com um solo de mata nativa (CENTURION et al., 2007).

Há um declínio progressivo da produção a partir da primeira soca, após alguns anos, o que torna o manejo dos ciclos das soqueiras primordial para manutenção do canavial. Desta forma, práticas como o cultivo de cana-de-açúcar com colheita mecanizada de cana crua, manejo com manutenção do palhiço como cobertura e tráfego de máquinas agrícolas em condições adequadas de umidade no solo possibilitam menor alteração nas características físico-químicas dos solos, evitando sua degradação e favorecendo o alcance da sustentabilidade.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMO FILHO, J.; MATSUOCA, S.; SPERANDIO, M.L.; ARCHETI, L.L.; RODRIGUES, R.C.D. Resíduo de cana crua. **Açúcar e Álcool**, São Paulo, v.13, n.67, p.23-25, 1993.
- ANDRADE, L.A.B. Cultura da cana-de-açúcar. In: CARDOSO, M.G. **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. Lavras: UFLA, 2001. p.19-49.
- AUDE, M.I.S.; MARCHEZAN, E.; DARIVA, T.; PIGNATARO, L.H.B. Manejo do palhicho da cana-de-açúcar: efeito na produção de colmos industrializáveis e outras características agronômicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.23, n.3, p.281-286, 1993.
- BALL-COELHO, B.; TIESSEN, H.; STEWART, J.W.B.; SALCEDO, I.B.; SAMPAIO, E.V.S.B. Residue management effects on sugarcane yield and soil properties in Northeastern Brazil. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n.5, p.1004-1008, 1993.
- BLAIR, Nelly. Impact of cultivation and sugar-cane green trash management on carbon fractions and aggregate stability for a Chromic Luvisol in Queensland, Australia. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.55, n.3, p.183-191, 2000.
- BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; REINERT, D.J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio Proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.4, p.605-614, 2006.
- BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; VEIGA, M. Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de um Nitossolo e um Argissolo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.2, p.131-139, 2010.
- BRONICK, C.J.; LAL, R. Soil structure and management: A review. **Geoderma**, Amsterdam, v.124, p.3-22, 2005.
- CASTRO, A.M.C.; SANTOS, K.H.; MIGLIORANZA, E.; GOMES, A.; MARCHIONE, M.S. Avaliação de atributos físicos do solo em diferentes anos de cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Agrarian**, Dourados, v.6, n.22, p.415-422, 2013.
- CEDDIA, M.B.; ANJOS, L.H.C.; LIMA, E.; RAVELLI NETO, A.; SILVA, L.A. Sistemas de colheita da cana-de-açúcar e alterações nas propriedades físicas de um solo Podzólico Amarelo no Estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.8, p.1467-1473, 1999.
- CENTURION, J.F.; FREDDI, O.S.; ARATANI, R.G.; METZNER, A.F.M.; BEUTLER, A.N.; ANDRIOLI, I. Influência do cultivo da cana-de-açúcar e da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos Vermelhos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.199-209, 2007.
- CERRI, C.C.; FELLER, C.; CHAUVEL, A. Evolução das principais propriedades de um latossolo vermelho escuro após desmatamento e cultivo por doze e cinquenta anos com cana-de-açúcar. **Cahiers ORSTOM Série Pédologie**, Bondy, v.26, n.1, p.37-50, 1991.
- CERRI, C.C.; GALDOS, M.V.; MAIA, S.M.F.; BERNOUX, M.; FEIGL, B.J.; POWLSON, D.; CERRI, C.E.P. Effect of sugarcane harvesting systems on soil carbon

stocks in Brazil: an examination of existing data. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v.62, n.1, p.23-28, 2011.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar. v.1 – Safra 2014/15, n.3 – Terceiro Levantamento, Brasília, p.1-27, dezembro 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_12_19_09_02_49_boletim_cana_portugues_-_3o_lev_-_2014-15.pdf>. Acessado em: 20 janeiro 2014.

COSTA NETO, J. D. A cana em tempo bom. **Revista CREA-PR**, Curitiba, n.41, p.16-19, out. 2006.

DEFILIPPI FILHO, L.C. **Estudo de viabilidade do uso do palhiço para geração de energia na entressafra de uma usina sucroenergética**. 2013. 133f. Dissertação (Mestrado Agroenergia)-Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas – EESP/FGV, São Paulo, 2013.

FURLANI NETO, V.L. Colheita mecanizada da cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.94, n.3, p.8-9, 1994.

FURLANI NETO, V.L.; RIPOLI, T.C.; VILA NOVA, N.A. Biomassa de cana-de-açúcar: energia contida no palhiço remanescente de colheita mecânica. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.15, n.4. p.24-27, 1997.

GALVÃO, F.; ZILLER, S.R.; BUFREM, A.M. Decomposição foliar de algumas espécies arbóreas. **Revista Setor Ciências Agrárias**, Curitiba, v.11, n.1-2, p.161-168, 1989/1991.

IAIA, A.M.; MAIA, J.C.S.; KIM, M.E. Uso do penetrômetro eletrônico na avaliação da resistência do solo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, p.523-530, 2006.

LYNCH, J.M. **Biotecnologia do solo**. São Paulo, Manole, 1986. 208p.

LIMA, M.A.; LIGO, M.A.; CABRAL, M.R.; BOEIRA, R.C.; PESSOA, M.C.P.Y.; NEVES, M.C. **Emissão de gases do efeito estufa provenientes da queima de resíduos agrícolas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 60p. .

LUCA, E.F.; FELLER, C.; CERRI, C.C.; BARTHÈS, B.; CHAPLOT, V.; CAMPOS, D.C.; MANECHINI, C. Avaliação de atributos físicos e estoques de carbono e nitrogênio em solos com queima e sem queima de canavial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.2, p.789-800, 2008.

MACEDO, N.M.; BOTELHO, P.S.M.; CAMPOS, M.B.S. Controle químico de cigarrinha-da-raiz em cana-de-açúcar e impacto sobre a população de artrópodes. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.21, p.30-33, 2003.

MARQUES, T.A.; SASSO, C.G.; SATO, A.M.; SOUZA, G.M. Queima do canavial: aspectos sobre a biomassa vegetal, fertilidade do solo e emissão de CO₂ para atmosfera. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.25, n.1, p.83-89, 2009.

MARTINS FILHOS, M.V.; LICCIOTI, T.T.; PEREIRA, G.T.; MARQUES JÚNIOR, J.; SANCHEZ, R.B. Perdas de solo e nutrientes por erosão num Argissolo com resíduos vegetais de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.8-18, 2009.

MELILLO, J.M.; ABER, J.D.; MURATORE, J.F. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. **Ecology**, Durham, v.63, n.3, p.621-626, 1982.

- NG KEE KWONG, K.F.; DEVILLE, J. Residual fertilizer nitrogen as influenced by timing and nitrogen forms in a silty clay soil under sugarcane *Mauritus*. **Fertilizer Research**, Netherlands, v.14, p.219-226, 1987.
- OLIVEIRA, M.W.; TRIVELIN, P.C.O.; GAVA, G.J.C.; PENATTI, C.P. Degradação da palhada de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.4, p.803-09, 1999.
- ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: Instituto do Açúcar e do Alcool; PLANALSUCAR, 1983. 369 p., il.
- ORLANDO FILHO, J.; ROSSETO, R.; MURAOKA, T.; ZOTELLI, H.B. Efeitos do sistema de despalha (cana crua x cana queimada) sobre algumas propriedades do solo. **STAB: Açúcar e Alcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.16, p.30-33, 1998.
- PAULA, M.; PEREIRA, F.A.R.; ARIAS, E.R.A.; SCHEEREN, B.R.; SOUZA, C.C.; MATA, D.S. Fixação de carbono e a emissão dos gases de efeito estufa na exploração da cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.3, p.633-640, 2010.
- RIBEIRO, H.; PESQUERO, C. Queimadas de cana-de-açúcar: avaliação de efeitos na qualidade do ar e na saúde respiratória de crianças. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.24, n.68, p.255-271, 2010.
- ROQUE, A.A.O.; SOUZA, Z.M.; BARBOSA, R. S.; SOUZA G.S. Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n. 7, p. 744-750, 2001.
- SANGER, L.J.; COX, P.; SPLATT, P.; WHELAN, M.J.; ANDERSON, J.M. Variability in the quality of *Pinus Sylvestris* needles and litter from sites with different soil characteristics: lignin and phenylpropanoid signature. **Soil Biology & Biochemistry**, v.28, n.7, p.829-835, 1996.
- SILVA, A.J.N.; CABEDA, M.S.V. Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis de umidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.921-930, 2006.
- SILVA, L.L. **Álcool e a nova ordem econômica mundial: frente parlamentar sucroalcooleira**. São Paulo: Segmento, 1996, p.60-63.
- SILVA, M.S.L.; RIBEIRO, M.R. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em propriedades morfológicas e físicas de solos argilosos de tabuleiro no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.16, p.397-402, 1992.
- SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas. Brasília, Mec, Abeas, Esal, Faepe, 1988. 236p.
- SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYZE, S.; DENEFF, K. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil and Tillage Research**, v.79, p.7-31, 2004.
- SIX, J.; ELLIOTT, E.T.; PAUSTIAN, K. Soil structure and soil organic matter: II. A normalized stability index and the effect of mineralogy. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.64, n.3, p.1042-1049, 2000.
- SOUZA, Z.M.; PAIXÃO, A.C.S.; PRADO, R.M.; CESARIN, L.G.; SOUZA, S.R. Manejo de palhada de cana colhida sem queima, produtividade do canavial e qualidade do caldo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.5, p.1062-1068, 2005.

SOUZA, Z.M.; PRADO, R.M.; PAIXÃO, A.C.S.; CESARIN, L.G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.3, p.271-278, 2005.

TRIVELIN, P.C.O.; RODRIGUÊS, J.C.S.; VICTORIA, R.L.; REICHARDT, K. Utilização por soqueira de cana-de-açúcar de início de safra do nitrogênio da aquamônia-15N e uréia-15N aplicado ao solo em complemento a vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, p.89-99, 1996.

TRIVELIN, P.C.O.; VICTORIA, R.L.; RODRIGUES, J.C. Aproveitamento por soqueira de cana-de-açúcar de final de safra do nitrogênio da aquamônia-15N e aplicado ao solo em complemento à vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.12, p.1375-1385, 1995.

VASCONCELOS, A. C. M.; CASAGRANDE, A. A.; PERECIN, D.; JORGE, L. A.; LANDELL, M. G. A. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.849-858, 2003.

WATANABE, R.T.; FIORETTO, R.A.; HERMANN, E.R. Propriedades químicas do solo e produtividade da cana-de-açúcar em função da adição da palhada de colheita, calcário e vinhaça em superfície (sem mobilização). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.25, n.2, p.93-100, 2004.

4. ARTIGO 1

VELOCIDADES DE ENLEIRAMENTO E NÍVEIS DE PALHIÇO NOS ATRIBUTOS AGRONOMICOS E TECNOLÓGICOS DA CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO

As vantagens obtidas com a manutenção do palhiço na superfície do solo já foram relatadas, entretanto qual quantidade seria ideal para se obter melhorias na produção ainda não foram definidas. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o desenvolvimento da rebrota e a produtividade da cana-de-açúcar submetida a níveis de palhiço sobre o solo e à ação mecânica do enleirador em velocidades de enleiramento, para as épocas de colheita. O experimento foi realizado em Dourados, MS, com cana-soca de terceiro corte, nas épocas 1 (colheita em maio, variedade RB 855156, ciclo precoce), época 2 (colheita em agosto, variedade RB 835486, ciclo médio) e época 3 (colheita em novembro, variedade RB 835054 ciclo tardio). Em cada época de colheita promoveu-se o enleiramento do palhiço residual em quatro velocidades (0 (manual); 7,1; 9,7; 11,6 e 14,2 km h⁻¹) e manteve-se sobre o solo quatro níveis de palhiço (0; 5; 10 e 15 Mg ha⁻¹). Foram avaliados altura de plantas, número de colmos, diâmetro dos colmos, produtividade (TCH) e análises tecnológicas (Brix, AR da cana, Pol da cana e ATR). Os níveis de palhiço não influenciaram a produção de colmos na colheita de início e meio de safra e na colheita de final de safra obteve-se produção máxima de colmos com a manutenção de 5 Mg ha⁻¹ de palhiço. Não houve efeito das velocidades de enleiramento na colheita de início de safra, na colheita de meio de safra obtiveram-se maiores produtividades de colmos nas velocidades de enleiramento de 7,1 e 14,2 km h⁻¹, e na colheita de final de safra na velocidade de 14,2 km h⁻¹. A produção de açúcares da cana por hectare não é alterada em função dos níveis de palhiço e das velocidades de enleiramento do palhiço. O recolhimento parcial do palhiço realizado uma única vez, não promoveu redução na produção de açúcares por unidade de área na safra seguinte. O enleiramento do palhiço a velocidades de até 14,2 km h⁻¹, proporcionam maior capacidade operacional, sem redução na produção de colmos e açúcares em uma safra.

Palavras-Chave: *Saccharum* spp., cana-soca, cobertura do solo, enleirador, colheita mecanizada.

WINDROWING SPEEDS AND STRAW LEVELS IN AGRONOMIC AND TECHNOLOGICAL ATTRIBUTES OF SUGARCANE

ABSTRACT

The advantages obtained with the maintenance of the chaff on soil surface have been reported, however which amount would be ideal to achieve improvements in production have not yet been defined. The aim of this study was to evaluate the development of regrowth and productivity of sugarcane subjected to straw levels above ground and the mechanical action of windrower in windrowing speeds, for harvest time. The experiment was carried out in Dourados, MS, with third cut cane ratoon, in times 1 (harvest in May, variety RB 855156, early cycle), time 2 (harvest in August, variety RB 835486, average cycle) and then 3 (harvest in November, variety RB 835054 late cycle). At each harvest time it was promoted bunching up of the residual chaff in four speeds (0 (manual); 7.1; 9.7; 11.6 and 14.2 km h⁻¹) and kept for four soil straw levels (0, 5, 10 and 15 Mg ha⁻¹). It were assessed plant height, number of stems, stem diameter, productivity (TCH) and technical analysis (Brix, sugarcane AR, Pol cane and ATR). The chaff levels did not influence the production of stems in the early and half harvest crop and in the final crop was obtained maximum production of stems with maintaining 5 Mg ha⁻¹ of straw. There was no effect of raking speeds in the harvest of early harvest, the crop through crop yielded higher yields of stems in windrowing speeds of 7.1 and 14.2 km h⁻¹, and the final harvest crop at the speed of 14.2 km h⁻¹. The production of cane sugar per hectare is not changed depending on the straw levels and speeds of windrowing the straw. The partial payment of straw held only once, did not promote reduction in the production of sugars per unit area in the next harvest. The windrowing of straw at speeds up to 14.2 km h⁻¹, provide greater operational capacity, without reduction in the production of stems and sugars in a crop.

Keywords: *Saccharum* spp., cane ratoon, ground cover, windrower, mechanical harvesting.

INTRODUÇÃO

Em termos de produção de energia por área cultivada nenhuma outra cultura tem sido capaz de competir com a cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), nas regiões tropicais e subtropicais (ALMEIDA et al., 2009). Há uma tendência para a expansão da área cultivada com cana-de-açúcar, impulsionada por um aumento na demanda mundial por biocombustíveis (CERRI et al., 2011). O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, seguido da Índia e Austrália. Em média, 45% da cana produzida no País são transformadas em açúcar e 55% em álcool (BEBÉ et al., 2009; MARQUES et al., 2009), podendo esse percentual variar em função da demanda e mercado.

A retomada da expansão do setor sucroalcooleiro com o crescimento médio da cultura da cana no País aconteceu entre 1996 e 1998 (LIMA et al., 2010). Essa expansão tem ocorrido devido à adoção de novas tecnologias, como a colheita mecanizada (sem queima), que mantém uma cobertura de resíduo vegetal (palhiço) sobre o solo, sendo cultivada em vários tipos de solos (ABRÃO, 2012).

O tipo de colheita da cana-de-açúcar (com ou sem queima) pode influenciar a produtividade e longevidade da cultura, os atributos físicos, químicos e biológicos do solo e o meio ambiente (SOUZA et al., 2012), por outro lado há um avanço constante nas tecnologias das colhedoras, que vêm permitindo o aumento de áreas com colheita mecanizada com maior capacidade operacional e redução dos danos as soqueiras (RAMÃO et al., 2007).

A maior parte das pesquisas que orientam o sistema de produção atual são baseadas em áreas sob queima do palhiço da cana-de-açúcar, mas a supressão da queimada é um novo conceito no manejo do palhiço (LUCA et al., 2008). A colheita mecanizada e sem queima tem trazidos novos desafios ao setor produtivo e de pesquisa, por meio de mudanças na dinâmica de tráfego de máquinas, manejo da fertilidade do solo, além de mudanças na dinâmica de pragas e doenças nos canaviais. A cultura da cana-de-açúcar é de suma importância para o agronegócio brasileiro, mas apesar do Brasil se destacar no cenário internacional por toda tecnologia já empregada nas diferentes etapas de produção, com esta nova realidade a pesquisa científica ainda tem muito a contribuir para a maximização do processo produtivo, desde a lavoura até a industrialização (COSTA et al., 2007).

A substituição, na cultura da cana, da colheita manual pela mecanizada, é movido pelo aspecto econômico, e acelerado por outros fatores como legislação e

aspecto ambiental. A melhoria da qualidade do ar e, portanto, para a sustentabilidade ambiental e a prevenção de doenças recebe grande contribuição com a proibição da queima da cana para seu despalhamento pré-colheita (RIBEIRO e PESQUERO, 2010).

Rodrigues e Saab (2007) destacam as vantagens da colheita mecanizada da cana-de-açúcar sem a utilização da queima do canavial, como menores custos, ficando em torno de 32,74% inferior, além das vantagens ambientais. Outro fator importante é o aumento na produtividade da cana-de-açúcar de 10 Mg ha⁻¹ na área de colheita de cana-de-açúcar com manutenção do palhicho, em relação à área sem a presença de palhicho (WATANABE et al., 2004).

Com a colheita mecanizada, o palhicho pode permanecer depositado sobre o solo e agir de maneira positiva na proteção, conservação e recuperação dos solos (OLIVEIRA et al., 1999).

As vantagens obtidas com o palhicho em superfície foram relatadas, entretanto qual quantidade seria suficiente para se obter essas melhorias ainda não foram definidas. A quantidade de palhicho que promove benefícios para o solo e a cultura são informações de extrema importância, uma vez que determinarão a quantidade a permanecer no campo, para maior benefício da cultura e, o volume que pode ser usado em outros setores como cogeração de bieletricidade e produção do bioetanol de segunda geração, obtendo-se assim, a máxima eficiência na produção de energia obtida da cana-de-açúcar.

Objetivou-se avaliar as características agronômicas da cana-de-açúcar submetida a níveis de palhicho, velocidades do enleirador, para as variedades de cana (épocas) cultivadas na região Sul do estado de Mato Grosso do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área experimental da Usina São Fernando Açúcar e Álcool, no município de Dourados-MS, localizada nas coordenadas geográficas 22°16'21" de latitude sul e 54°55'55 de longitude oeste com altitude de 434 m. O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen. As precipitações pluviométricas mensais durante a condução do experimento são apresentadas na Figura 1, e foram obtidas na estação meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste – Dourados, MS.

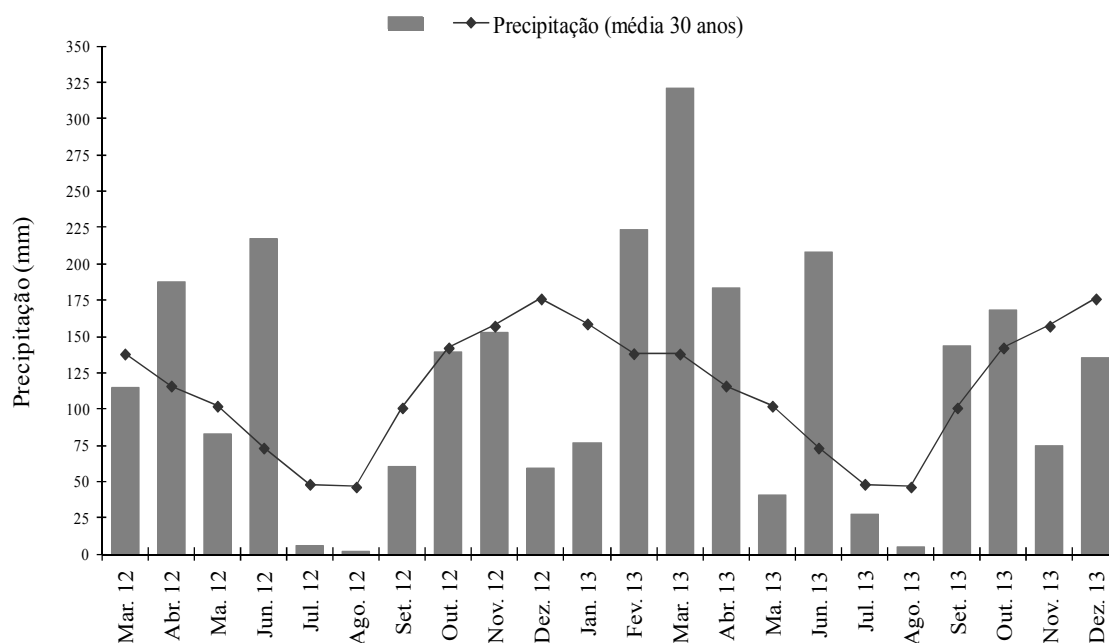


FIGURA 1. Precipitação pluviométrica mensais nas safras 2012 e 2013 e médias histórica da precipitação.

O solo das três áreas onde foi conduzido o experimento foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf). Os resultados das análises químicas e textural dos solos, para caracterização das áreas experimentais são apresentados na Tabela 1. As áreas experimentais foram conduzidas com cana-soca que havia passado pelo terceiro corte, após a colheita mecanizada de cana crua foram demarcadas as áreas para instalação dos experimentos. É o primeiro ciclo de cana-de-açúcar realizando na área sendo anteriormente manejado com pastagem para pecuária de corte.

O experimento foi constituído de três épocas de colheita, cada época com uma variedade diferente de cana-de-açúcar (cana de ano) em função do ciclo de maturação. Na área colhida na primeira época, em 02/05/2012, cultivou-se a variedade de ciclo precoce RB 855156, estabeleceu-se os níveis de palhço em 09/05/2012. Após 12 meses de se estabelecer os níveis de palhço, em 21/05/2013, foi realizado novamente a colheita da cana para avaliação final.

TABELA 1. Análises dos solos das áreas experimentais com cana-de-açúcar, sob colheita mecanizada de cana crua, na Usina São Fernando Açúcar e Álcool – Dourados, MS.

PROFUNDIDADE		pH	Ca	Mg	H+Al	K	P (Mehlich ⁻¹)	SB	CTC	V	M.O.	Argila	Silte	Areia
(cm)		CaCl ₂	cmolc dm ⁻³				mg dm ⁻³	cmolc dm ⁻³		(%)	g Kg ⁻¹			
Época 1	0-5	5,58	6,22	2,25	4,27	1,56	9,72	10,03	14,30	69,88	47,89	666,00	150,00	184,00
	5-10	5,62	6,30	2,28	4,22	1,55	9,72	10,13	14,35	70,35	46,45	666,00	150,00	184,00
	10-20	5,45	5,30	2,00	5,45	1,03	5,06	8,33	13,78	63,28	39,39	682,00	134,00	184,00
Época 2	0-5	4,58	2,31	0,86	7,76	1,50	5,57	4,67	12,43	37,88	36,03	558,00	184,00	258,00
	5-10	4,53	2,04	0,71	8,16	1,37	4,24	4,11	12,28	34,11	32,58	558,00	184,00	258,00
	10-20	4,44	1,70	0,55	8,47	1,14	2,90	3,39	11,86	29,16	28,95	576,00	166,00	258,00
Época 3	0-5	5,24	4,23	1,27	4,14	0,85	5,96	6,36	10,50	60,60	37,06	624,00	165,00	211,00
	5-10	5,25	4,09	1,25	4,32	0,65	4,84	5,99	10,31	57,87	35,19	624,00	165,00	211,00
	10-20	5,07	3,17	1,06	4,88	0,43	3,04	4,66	9,54	48,64	30,85	635,00	158,00	207,00

Época 1 (Cana de ciclo precoce, colhida no início da safra); época 2 (Cana de ciclo médio, colhida no meio da safra); época 3 (Cana de ciclo tardio, colhida no final da safra).

Na área colhida na segunda época, em 08/08/2012, cultivou-se a variedade de ciclo de maturação intermediário RB 835486, estabeleceu-se os níveis de palhicho em 15/08/2012. Após 12 meses de se estabelecer os níveis de palhicho, em 14/08/2013, foi realizado novamente a colheita da cana para avaliação final.

Na área colhida na terceira época, em 20/11/2012, cultivou-se a variedade de ciclo de maturação tardio RB 835054, estabeleceu-se os níveis de palhicho em 27/11/2012. Após 9,5 meses de se estabelecer os níveis de palhicho, em 10/09/2013, foi realizado novamente a colheita da cana para avaliação final. A colheita teve que ser antecipada neste talhão devido as fortes geadas que causaram a morte total do canavial.

Após a colheita realizada no início do experimento, para cada época, antes da aplicação dos tratamentos, amostras de palhicho foram levadas para laboratório e determinado a umidade, posteriormente foi avaliada a quantidade de palhicho na área, sendo encontrados valores de 15,20 Mg ha⁻¹ na época 1, de 18,64 Mg ha⁻¹ na época 2 e de 17,10 Mg ha⁻¹ na época 3 de massa seca.

Em cada área experimental foi realizado o enleiramento do palhicho em cinco velocidades 0 (manual); 7,1; 9,7; 11,6 e 14,2 km h⁻¹. Após o enleiramento o palhicho foi retirado totalmente da área e retornado com valores da massa seca estipulado para cada parcela, sendo adicionados sobre as soqueiras quatro níveis de palhicho (0; 5; 10 e 15 Mg ha⁻¹ de massa seca). Após a instalação dos tratamentos, a área experimental recebeu os mesmos manejos das áreas comerciais da Usina. Controle de plantas daninhas por meio de aplicação de herbicidas e capina manual. Adubação realizada com 380 kg ha⁻¹ de

Nitrato de amônio e $360 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de vinhaça por meio de fertirrigação, divididas em três aplicações de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ com intervalo entre 3 a 5 dias entre as aplicações.

O conjunto de máquinas utilizado para realizar o enleiramento do palhiço foi um ancinho enleirador (com 4 rodas com 145 cm diâmetro e 40 dentes flexíveis por roda. Acionamento por contato das rodas com a palha, engate em três pontos, sem a necessidade de tomada de potência, movimentação vertical do equipamento por meio de acionamento hidráulico), tracionado por um trator marca John Deere, modelo 6165J com 165cv de potência, sendo que o rodado do trator passava em todas as linhas.

As subparcelas foram constituídas de seis linhas de cana e 15 metros de comprimento. Todas as amostragens foram feitas unicamente nas quatro linhas centrais de cada parcela, estabelecendo-se as linhas mais externas (1 e 6) como bordaduras laterais e deixando um metro de bordadura nas extremidades da parcela.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), com experimento montado em parcelas subdivididas, cinco velocidades de enleiramento (parcela) e quatro níveis de palhiço (subparcelas), com três repetições, totalizando 60 parcelas para cada área experimental (época de colheita).

Para avaliar a influência dos tratamentos sobre o desenvolvimento da cana-de-açúcar foram avaliados a altura de plantas, o número de plantas, o diâmetro e a produtividade de colmos, e a análise tecnológica industrial.

A altura de plantas foi mensurada com auxílio de uma trena graduada, com resolução de 0,1 mm, aos 1,5; 3,0 e 12 meses após a colheita (MAC). Foram utilizadas três amostras de 10 plantas por parcela, e o valor médio foi determinado para altura de plantas. O número de colmos (inicialmente denominado de perfilhos e na avaliação final de colmos industrializáveis) foi obtido por contagem dos perfilhos amostrados aos 1,5; 3,0 e 12 meses após a colheita (MAC) onde se contabilizou o número de colmos industrializáveis, em três linhas centrais de cinco metros, respeitando as bordaduras.

O diâmetro do colmo foi mensurado com o auxílio de um paquímetro digital, com resolução de 0,01 mm. As leituras foram realizadas no centro do segundo entrenó localizado na base do colmo. Foram utilizadas três amostras de 10 plantas por parcela, e o valor médio foi considerado.

A produtividade de colmos industrializáveis foi avaliada nas linhas centrais no final do ciclo, amostrando-se três subamostras de 10 canas localizadas sequencialmente a partir do ponto escolhido, compensando assim o fato de que em cada touceira existem perfilhos em diferentes graus de maturação. Enquanto essa forma de

amostragem compensa as variações dentro da touceira de cana, o delineamento em blocos compensa eventuais variações espaciais e temporais, para tanto cada bloco foi amostrado inteiro no mesmo dia, e as amostras foram analisadas no dia seguinte. Das canas amostradas, retirou-se manualmente a palha, e o desponte foi feito na altura da lígula da folha +1 (a primeira lígula visível).

As análises tecnológicas industriais da cana-de-açúcar foram realizadas no Laboratório de Análises da Usina São Fernando, onde se determinou o teor de sólidos solúveis (Brix), o teor de açúcares redutores (AR) pelo método de Lane e Eynon, (1934), a porcentagem aparente de sacarose (Pol) e o teor de açúcar total recuperado (ATR), conforme metodologia descrita por Fernandes (2003) e Casagrande (1991). A produtividade de açúcares dos colmos da cana por hectare (TAH) foi determinada pela multiplicação do ATR pelo TCH (Equação 1).

$$TAH = ATR \cdot TCH \quad (1)$$

em que,

TAH - produtividade de açúcares dos colmos industrializáveis, kg ha⁻¹;

ATR - teor de açúcar total recuperado, kg Mg⁻¹;

TCH - produtividade de colmos industrializáveis, Mg ha⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias submetidas à análise de regressão, a 5% de probabilidade. As análises foram feitas com o auxílio do programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância foi observada diferença entre os níveis de palhico e as velocidades de enleiramento para o número de colmos por ha⁻¹ para as épocas avaliadas. Para todas as variáveis testadas não houve interação entre os níveis de palhico e as velocidades de enleiramento da máquina.

Verificou-se na 1ª época de colheita que aos 1,5 meses após colheita (MAC) já havia estabelecido o número máximo de brotação (média de 46 perfilhos m⁻¹), não houve efeito dos níveis de palhico e das velocidades de enleiramento na população de plantas na fase inicial (Figuras 2A e 2B). Aos 1,5 meses já havia atingido o número máximo de perfilhos que foi reduzindo gradativamente ao longo do ciclo de produção e

finalizou em 12 colmos industrializáveis por metro aos 12 MAC, não havendo diferenciação entre os níveis de palhiço (Figura 2A).

Estes resultados demonstram boa adaptação da cultivar RB 855156 à colheita mecanizada de cana crua com manutenção do palhiço sobre a soqueira, que aliado à colheita em início de safra (boa umidade e temperatura do solo), aplicação de 360 m³ de vinhaça através de fertirrigação, teve perfilhamento inicial intenso e rápido. Estas características de rápido e intenso perfilhamento em sistema de colheita mecanizado de cana crua podem ser atribuídos a fatores como soqueiras mais vigorosas, cultivar mais precoce, baixa sensibilidade da cultivar a presença do palhiço ou condições climáticas mais favoráveis (SINGEL et al., 2005). Leme Filho (2009), avaliando manejos de 20 Mg ha⁻¹ de palhiço residual da cana de açúcar em Piracicaba-SP, também verificou que embora houve diferenças no número de perfilhos iniciais a quantidade de colmos industrializáveis e produção da cana de sequeiro colhida em início de safra, com manutenção em área total, enleiramento, desenleiramento e queima do palhiço não foi alterada.

Para a colheita de meio de safra (época 2), não foi observado diferença entre os níveis de palhiço nas três avaliações (Figura 2C). A colheita de meio de safra (época 2), em área cultivada com a RB 835486 apresentou perfilhamento mais lento, provavelmente pela menor disponibilidade de água e temperatura no momento da brotação da soqueira (Figura 1) e menor fertilidade do solo neste talhão (Tabela 1). Entretanto, embora o perfilhamento ter sido menor e mais lento é importante ressaltar que o número de colmos industrializáveis ficou dentro do recomendado pelas referências com população entre 9 e 12 colmos por metro (LANDELL et al., 2002), e sem efeito dos níveis de palhiço, indicando que a cultivar RB 835486 adapta-se bem a colheita mecanizada de cana crua em meio de safra nas condições de Dourados-MS.

Verificou-se aumento linear no número de perfilhos da cana para a época 2 aos 1,5 MAC conforme se aumentou a velocidade de enleiramento, apresentando o maior número de perfilhos ao 1,5 MAC quando enleirado na velocidade de 14,2 km h⁻¹. Aos 12 MAC observou-se o número máximo de colmos industrializáveis de 11 por metro na velocidade de enleiramento de 7,1 km h⁻¹ (Figura 2D). Para a colheita em final de safra (época 3), houve redução linear no número de perfilhos com adição de 0 a 15 Mg ha⁻¹ de palhiço nas avaliações realizadas aos 1,5 e 3,0 MAC. Não havendo diferença na avaliação final aos 9,5 MAC (Figura 2E). Da mesma forma que na área colhida no meio de safra nesta o número máximo de perfilhos foi encontrado aos 3 MAC e a

cultivar RB 835054 apresentou maior sensibilidade a presença de grandes quantidades de palhço residual no período da brotação da soqueira o que resultou em menor perfilhamento. Entretanto deve-se ressaltar que isto não foi fator limitante para o estabelecimento do canavial, pois ao 9,5 MAC em média teve 12,8 colmos industrializáveis por metro o que está dentro da faixa recomendada por Landel et al. (2002). Porém a quantidade de palha impactou na produtividade de colmos (TCH) da cultivar RB 835054.

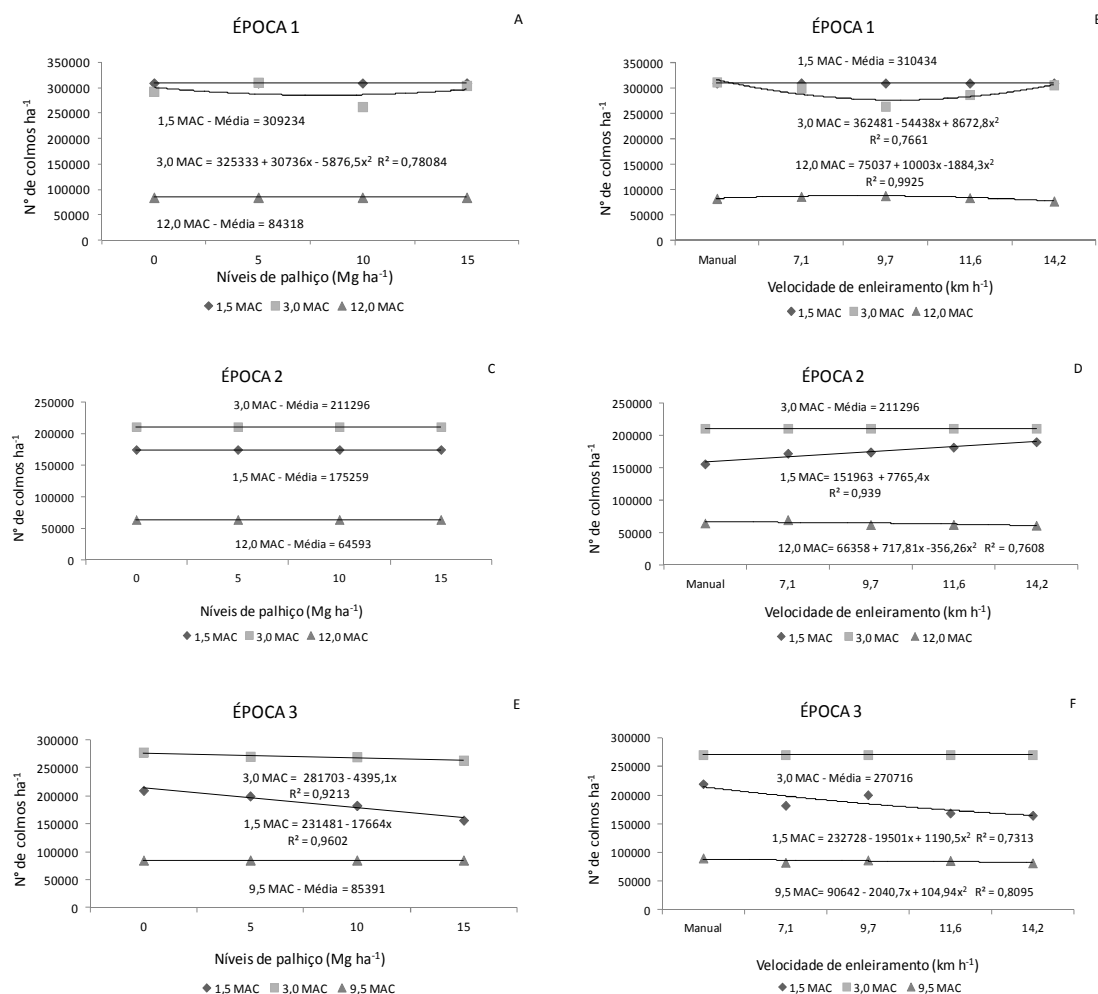


FIGURA 2. Número de colmos de cana-de-açúcar por hectare, submetido aos respectivos níveis de palhço e velocidades de enleiramento, para a época 1 (A e B) (RB 85 5156; colhida no início da safra), época 2 (C e D) (RB 835486; colhida no meio da safra), época 3 (E e F) (RB 83 5054; colhida no final da safra), avaliados aos 1,5; 3,0 e 12 meses após a colheita mecânica (MAC). Dourados - MS, 2013.

Em relação à velocidade de enleiramento, a avaliação realizada aos 1,5 MAC, a velocidade de 14,2 km h⁻¹, teve o maior perfilhamento época 2 e o menor perfilhamento época 3 (Figura 2D e 2F).

O padrão de perfilhamento inicial e o abortamento de grande parte dos perfilhos ao longo do ciclo da cana soca (Figura 2) foram dentro da normalidade para todas as épocas e níveis de palhicho testados, pois segundo Segato et al. (2006) o desenvolvimento da cana-de-açúcar é favorecido nos três meses iniciais, com pico de perfilhamento entre 60 e 90 dias após o corte (CASTRO e CHRISTOFOLETTI, 2005; SILVA et al., 2007; COSTA, et al., 2011; SILVA et al., 2012) ocorrendo redução de até 63% dos perfilhos até o momento da colheita (SILVA et al., 2008; SILVA et al., 2012).

Em todas as épocas de colheita, após atingirem o número máximo de perfilhos, tiveram redução significativa até estabilizarem o número final de colmos industrializáveis (Figura 2). Isso ocorre devido aumentar à competição entre os perfilhos pelos seus fatores de crescimento como a água, a luz, o espaço, fazendo com que cause a morte dos perfilhos mais novos (CASTRO e CHRISTOFOLETTI, 2005; SEGATO, 2006). Por essa razão, para a variedade de perfilhamento inicial muito abundante, pode não ser bom aumenta-lo ainda mais, pois elevado abortamento de perfilhos equivale a um grande desperdício de energia.

Em relação à altura de plantas de cana-de-açúcar, observou que não houve efeito significativo de níveis de palhicho para as épocas 1 e 3, nas três avaliações ao longo do ciclo (Figura 3A e 3E).

A época 2 teve crescimento inicial mais rápido observando altura de 100 cm aos 1,5 MAC contra 48,6 cm e 60,6 cm de altura nas épocas 1 e 3, respectivamente para a mesma avaliação. Esta diferença pode ser atribuída ao vigor inicial da soqueira que é característica peculiar de cada cultivar, e pelo menor número de perfilhos apresentado por esta variedade, que canalizou mais energia para o crescimento (Figura 3C). Por outro lado nesta época foi a única em que houve efeito dos níveis de palhicho na altura final da cana com comportamento quadrático e máxima altura de 228,49 cm com nível de 0 Mg ha⁻¹ de palhicho residual. Isto pode ter ocorrido, pois a área da 2ª época de colheita apresenta a menor fertilidade entre as três avaliadas (Tabela 1), e a manutenção do palhicho sobre o solo pode ter imobilizado parte do N na fase inicial de desenvolvimento da soqueira o que resultou em menor alongamento do colmo (TRIVELIN et al., 1995; 1996; 2002).

A velocidade de enleiramento não influenciou a altura de plantas aos 1,5 MAC para as épocas 1 e 2 (Figuras 3B e 3D), enquanto para a época 3 repetiu a resposta quanto ao número de perfilhos, tendo a menor altura com a maior velocidade de enleiramento (Figura 3F). Em relação à altura final da cana-de-açúcar as épocas 2 e 3 tiveram maior altura quando enleiradas com a maior velocidade $14,2 \text{ km h}^{-1}$ (Figuras 3D e 3F). A época 1 não sofreu influência da velocidade de enleiramento na altura aos 12,0 MAC da cana (Figura 3B).

Em relação ao número de plantas e altura de plantas a permanência do palhicho não afetou de qualquer forma o crescimento final das três épocas avaliadas. Porém os benefícios indiretos que podem ser proporcionado pela manutenção do palhicho, como a redução de plantas daninhas, redução de algumas pragas e doenças, e melhorarias nas condições físico-químicas do solo, também devem ser levados em consideração na tomada de decisão pelo recolhimento parcial ou total nas lavouras (OLIVEIRA et al., 2007; MONQUERO et al., 2008; GAVA et al., 2001; SOUZA et al., 2012).

Analisando os valores de diâmetro do colmo de cana-de-açúcar na avaliação final da cana observa-se que a época 1 não foi influenciada pelos níveis de palhicho (Figura 4A).

As épocas 2 e 3 tiveram aumento de forma linear nos valores de diâmetro do colmo, conforme aumentou a quantidade de palhicho (Figura 4A). Isso pode ser resultado da melhoria do ambiente pela manutenção do palhicho (umidade, temperatura, microorganismos), o que pode ter ajudado no engrossamento do colmo quando foi mantido o palhicho. Outro fator associado é que na época 2, a de menor fertilidade (Tabela 1), o palhicho reduziu a altura o que consideramos que pode ter sido em virtude da imobilização do N na fase inicial de crescimento, pois na cana-de-açúcar, o N assume o papel principal no aumento do comprimento do colmo (ORLANDO FILHO, 1983). Entretanto este N pode ter sido disponibilizado como passar do tempo e resultado em colmos mais grossos. Conforme relatados por diversos autores em avaliações agrônomicas realizadas neste sentido demonstram a taxa de mineralização do nitrogênio é baixa. Oliveira et al. (1999a, 1999b) e Gava (1999) verificaram que esta taxa é de cerca de 20% em uma safra, sendo que entre 5 a 10% do nitrogênio mineralizado são absorvidos pela cana-de-açúcar.

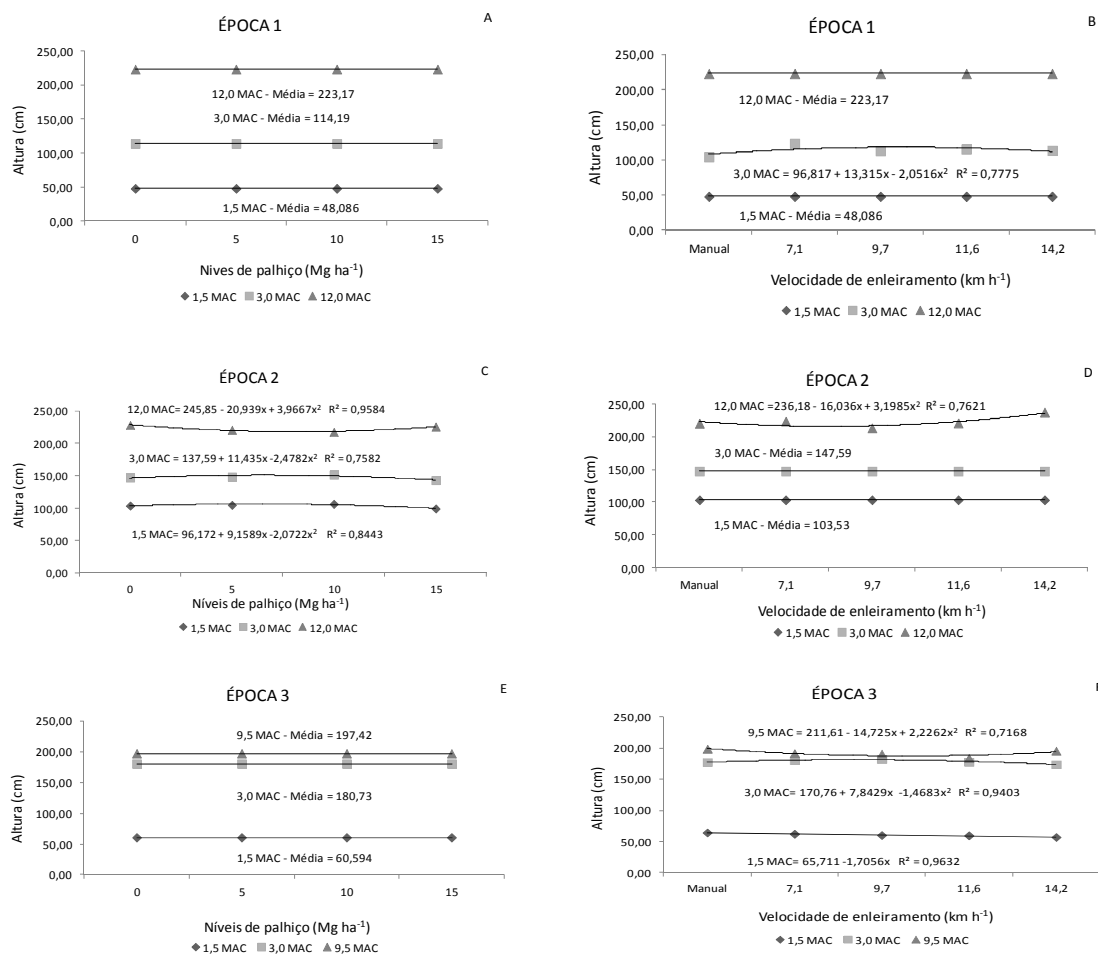


FIGURA 3. Altura de plantas de cana submetida aos níveis de palhço e velocidades de enleiramento para a época 1 (A e B) (RB 85 5156; colhida no início da safra), época 2 (C e D) (RB 835486; colhida no meio da safra), época 3 (E e F) (RB 83 5054; colhida no final da safra), avaliados aos 1,5; 3,0 e 12 meses após a colheita mecânica (MAC). Dourados-MS, 2013.

Segundo Zotelli (2012), a taxa de decomposição da matéria seca da palha da cana-de-açúcar foi crescente com o aumento da quantidade de palha sobre o solo. A perda de matéria seca em relação à quantidade inicial da palha no solo foi menos expressiva aos três e cinco meses, atingindo reduções acima de 20% após 8 meses de disposição da palha no solo.

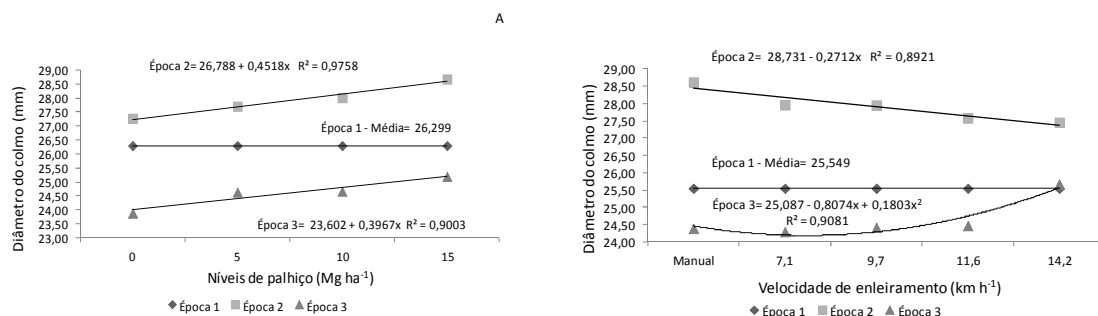


FIGURA 4. Diâmetro do colmo de cana submetido aos respectivos níveis de palhicho (A) e velocidades de enleiramento (B), para a época 1 (RB 85 5156; colhida no início da safra), época 2 (RB 835486; colhida no meio da safra), época 3 (RB 83 5054; colhida no final da safra). Dourados-MS, 2013.

O diâmetro do colmo da época 1 não foi influenciado pela velocidade de enleiramento, enquanto para a época 2, o aumento da velocidade de enleiramento reduziu o diâmetro de colmo de forma linear (Figura 4B). Possivelmente isso tenha ocorrido devido ao alto perfilhamento inicial que ocorreu com essa variedade, onde quanto maior a velocidade, maior foi o número de perfilhos, assim como a maior altura de plantas na avaliação final foi para o tratamento com maior velocidade (14,2 km h⁻¹).

Segundo Ramesh e Mahadevaswamy (2000), estudando diferentes fases de desenvolvimento da cana-de-açúcar sob o efeito do estresse hídrico, observaram que as cultivares que perfilham menos, tem perfilho com maior altura, maior diâmetro de colmo e maior acúmulo de matéria seca, indicando correlação positiva com as cultivares mais produtivas.

Os níveis de palhicho não influenciaram a produtividade de colmos por ha⁻¹ das épocas 1 e 2, enquanto a época 3 apresentou respostas aos níveis de palhicho, sendo que a maior produtividade (70,50 Mg ha⁻¹) foi obtida quanto aplicado 5 Mg ha⁻¹ de palhicho (Figura 5A). Estes resultados estão de acordo com Leme Filho, (2009) que também não verificou efeito negativo na manutenção total de 20 Mg ha⁻¹ de palhicho sobre a soqueira da cana. Por outro lado também não se espera grande aumento na produtividade da cana em curto prazo (apenas uma safra) pela manutenção do palhicho sobre a soqueira devido a lenta liberação dos nutrientes na sua composição, conforme relatados por (OLIVEIRA et al., 1999; LUCA et al., 2008) em estudos de liberação de nutrientes pelo palhicho residual.

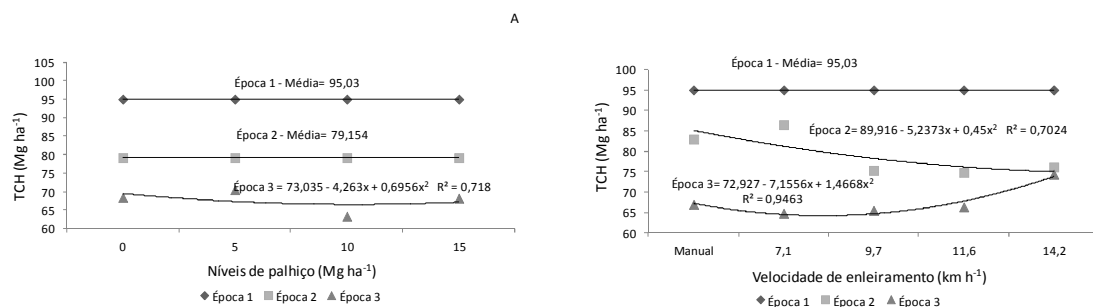


FIGURA 5. Produtividade de colmos (TCH (Mg ha⁻¹)) de cana-de-açúcar, submetido a níveis de palhicho (A) e velocidades de enleiramento (B), para a época 1 (RB 85 5156; colhida no início da safra), época 2 (RB 835486; colhida no meio da safra), época 3 (RB 83 5054; colhida no final da safra). Dourados - MS, 2013.

A velocidade de enleiramento não influenciou a produtividade da época 1, (Figura 5B). Na cana colhida no meio da safra (época 2), reduziu a produtividade com velocidades de enleiramento acima de 7,1 km h⁻¹, de forma semelhante ao ocorrido com o diâmetro de colmo (Figura 5B). Na cana colhida em final de safra (época 3), aumentou a produtividade conforme aumentou a velocidade de enleiramento do palhicho, ou seja, a velocidade de 14,2 km h⁻¹ proporcionou a maior produtividade de colmos (74,39 Mg ha⁻¹) repetindo a resposta de diâmetro do colmo (Figura 5B). Este resultado está associado ao maior estímulo à brotação das soqueiras em solos de menor fertilidade pelo enleiramento do palhicho a maiores velocidades, fato este que resulta em maior número e produção de colmos, compensando o peso médio de colmos menor que é resultante da menor disponibilidade de nutrientes.

Nas áreas colhidas no início e meio de safra (épocas 1 e 2) foram obtidas produtividades médias de 95,03 e 79,15 Mg ha⁻¹, respectivamente (Figura 5A), independente da quantidade de palhicho remanescente da safra anterior deixado sobre as soqueiras, valores que estão acima da média do estado que é de 74 Mg ha⁻¹ (CONAB, 2014). A época 3 com média de 67,59 Mg ha⁻¹ ficou abaixo da média da última safra, pois teve que se realizar a colheita com apenas 9,5 meses antes de haver o máximo acúmulo de biomassa e açúcares devido as fortes geadas que ocorreram nos meses de agosto e setembro de 2013.

O Brix da cana colhida na época 1 não sofreu influência dos níveis de palhiço, enquanto as épocas 2 e 3 tiveram os valores de Brix reduzidos de forma linear com o aumento dos níveis de palhiço (Figura 6A).

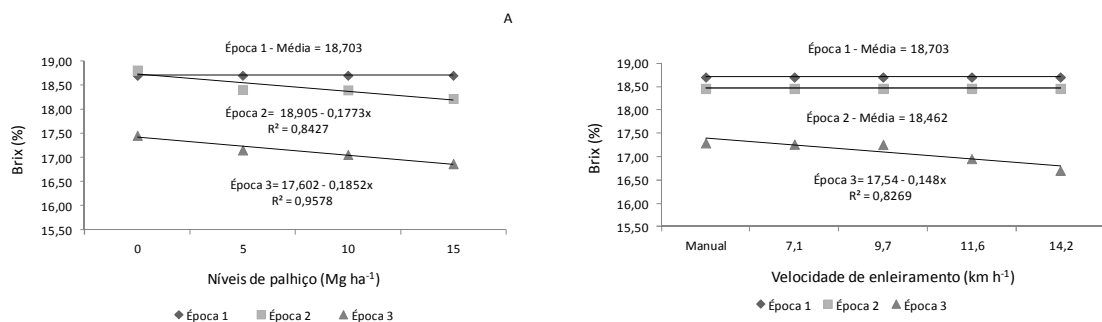


FIGURA 6. Teor de sólidos solúveis (°Brix) de cana-de-açúcar, submetido a níveis de cobertura do solo com palhiço (A) e velocidades de enleiramento (B), para época 1 (RB 85 5156; colhida no início da safra), época 2 (RB 835486; colhida no meio da safra), época 3 (RB 83 5054; colhida no final da safra). Dourados - MS, 2013.

A cana colhida nas épocas 1 e 2 (início e meio de safra) não sofreram efeito no teor de sólidos solúveis (BRIX) com o aumento da velocidade de enleiramento, enquanto que para a época 3 (final de safra) o teor de Brix reduziu linearmente com o aumento da velocidade de enleiramento (Figura 6B).

O Brix tem sido utilizado como um indicador de maturação da cana-de-açúcar, sendo que com valor de 18% a cana é considerada madura, em estágio recomendado para a colheita (BRIEGER, 1968; SERRA et al., 1972; COPERSUCAR, 1980; CARVALHO et al., 1993; OLIVEIRA et al., 1999). Os menores valores de brix nos maiores níveis de palhiço residual nas épocas de colheita 2 e 3 estão associados ao retardamento da maturação da cana. Isto ocorre, pois a cobertura do solo pelo palhiço melhora o ambiente de produção mantendo maior umidade e menor variações de temperatura o que resulta em melhor aproveitamento do perfil do solo pelo sistema radicular e microorganismos associados (Cerri et al., 2011), promovendo aumento no ciclo vegetativo e retardamento na maturação, especialmente em solos de menor fertilidade, que é o caso das áreas colhidas nas épocas 2 e 3 (Tabela 1).

As épocas 1 e 2 tiveram Brix acima de 18%, o que demonstra que estavam em estágio ideal de maturação, aptas à colheita, enquanto a época 3, foi colhida com valores aproximados de 17,1%. Isto deve-se ao fato da colheita ter sido realizada com

9,5 meses apenas, em virtude das fortes geadas (abaixo de 0°C) ocorridas nos meses de julho à setembro, que causou a morte da parte aérea das plantas.

O aumento da velocidade de enleiramento reduziu o Brix da cana época 3 (Fig. 6 B). Isso ocorreu devido a cana estar se desenvolvendo, o que resultou em aumento de produtividade. Porém, a cana não teve tempo de atingir a maturação, o que iria acontecer por volta dos 12 meses.

Em virtude de maior volume de palha sobre a soqueira e possivelmente maior dano mecânico na soca nas maiores velocidades de enleiramento, houve um retardamento na brotação de soqueira, na época 3, que resultou no retardamento do acúmulo de açúcares do colmo aos 9,5 MAC, quando determinou-se o Brix. Isso não foi observado na primeira e segunda época (variedade precoce e média), pois mesmo com maior volume de palha sobre as soqueiras, a colheita nestas épocas permitiram perfilhamento e maturação uniforme, independente dos níveis de palhicho e velocidade de enleiramento.

Analisando os dados da concentração de Açúcares Redutores (AR) da cana observou-se que a época 3 apresentou maiores valores, devido a mesma ter sido colhida antes de atingir a maturação, devido a ocorrência de geadas. O AR da época 1 não sofreu influência dos níveis de palhicho, enquanto que a época 2 teve ajuste quadrático (Figura 7A).

Observou-se que a cana na época 1, não foi influenciada pela velocidade de enleiramento, enquanto na época 2 teve resposta linear conforme aumentou a velocidade, reduziu os teores de AR da cana. Para a época 3, a velocidade de enleiramento de 14,2 km h⁻¹ resultou em maior teor de AR da cana (Figura 7B).

Os teores de AR estão dentro do limite estabelecido por Brieger (1968) de no máximo 1% para uma cana madura. Entretanto, os valores variaram de 0,50 a 0,85%, que são maiores em relação os teores normalmente obtidos por diversos autores no momento da colheita, ou seja, em torno de 0,4% (GALDIANO, 2008; OLIVEIRA et al., 2009; OTTO et al., 2010), e semelhante aos valores de 0,6 a 0,7% relatados por Teixeira et al. (2014).

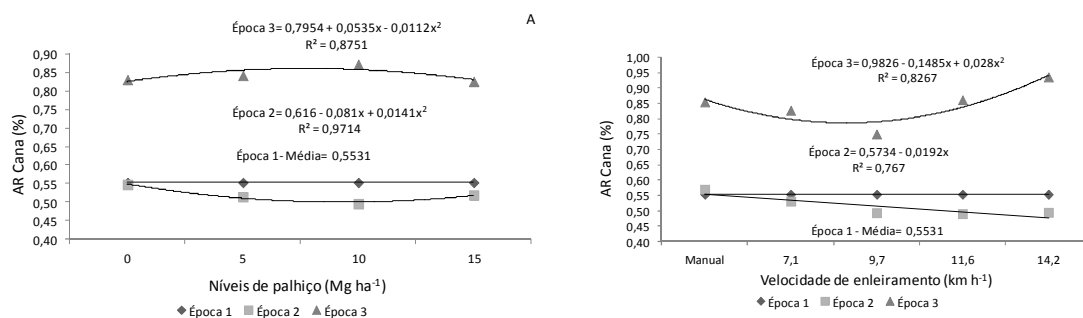


FIGURA 7. Teores de açúcares redutores (AR) de cana-de-açúcar, submetido a níveis de cobertura do solo com palhiço (A) e velocidades de enleiramento (B), para a época 1 (RB 85 5156; colhida no início da safra), época 2 (RB 835486; colhida no meio da safra), época 3 (RB 83 5054; colhida no final da safra). Dourados - MS, 2013.

Para a cana na época 2, na velocidade de 14,2 km h⁻¹ obteve-se o menor valor de AR da cana, ao mesmo tempo em que se obteve o menor diâmetro do colmo e menor produtividade. Para a época 3, na mesma velocidade obtiveram-se o maior teor de AR da cana e os maiores diâmetros e produtividades de colmo.

Os resultados obtidos para o teor de Pol do caldo da cana indica que as épocas 1 e 3 não tiveram influência dos níveis de palhiço deixados como cobertura do solo. Enquanto que a época 2 teve influência do nível de palhiço deixado sobre o solo, ajustando-se um modelo quadrático para estimar seu comportamento, sendo que o máximo pol da cana aos 12 MAC foi de 14,5 % com 7,5 Mg ha⁻¹ de palhiço remanescente (Figura 8A).

Nas épocas 1 e 2 tiveram os maiores teores de Pol do caldo da cana quando o palhiço foi enleirado na velocidade de 14,2 km h⁻¹, enquanto a cana na época 3 teve o menor teor de Pol do caldo da cana na mesma velocidade (Figura 8B).

Os teores de Pol do caldo da cana encontrados neste trabalho estão próximo aos valores mínimos adequados para uma cana madura em início de safra, que são de 13% (BRIEGER, 1968). Fernandes (2000) relata que a cana-de-açúcar está madura quando o Pol se encontra entre 14 e 15%, valores que estão próximos aos encontrados neste trabalho para as épocas 1 e 2.

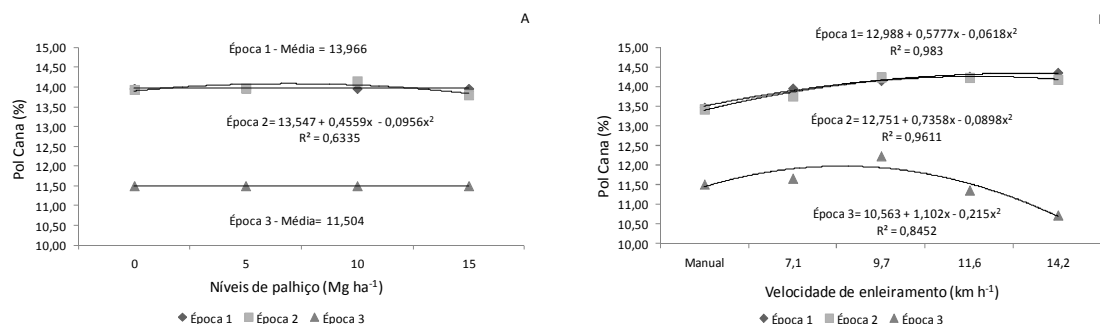


FIGURA 8. Teor de Pol do caldo (%) de cana-de-açúcar, submetido a níveis de cobertura do solo com palhicho (A) e velocidades de enleiramento (B), para a época 1 (RB 85 5156; colhida no início da safra), época 2 (RB 835486; colhida no meio da safra), época 3 (RB 83 5054; colhida no final da safra). Dourados - MS, 2013.

Segundo Lavonholi (2008), o Pol é o principal parâmetro para a determinação da qualidade da cana, podendo corresponder a 24% do total de açúcares presentes no produto.

O baixo valor de Pol na época 3 leva a supor que a cana estava deixando de armazenar sacarose, convertendo a mesma em glicose e frutose para o seu crescimento, o que é compensado pelo alto valor de AR na cana de final de safra no momento da colheita. Este comportamento na maturação da cana está de acordo com Machado, (1987), que afirma que a taxa de acúmulo de sacarose é maior durante a última fase do ciclo da cana-de-açúcar, quando a planta apresenta pequena taxa de crescimento que coincide ou se deve ao período de restrição climática que induz a maturação. Durante o crescimento, o teor de sacarose é maior nos entrenós basais, conforme a taxa de crescimento da planta diminui o teor de sacarose se uniformiza entre os entrenós basais e superiores da planta, caracterizando a maturação comercial (MACHADO, 1987).

Para o teor de Açúcar Totais Recuperáveis (ATR), não houve efeito significativo dos níveis de palhicho para as três épocas (Figura 9A). Resultados coincidem com os obtidos por Carvalho (1996) com a variedade RB 72454, para a qual não houve nenhuma diferença significativa, quanto aos teores de ATR, em função da presença ou ausência do palhicho residual da colheita.

Avaliando a velocidade de enleiramento, houve efeito significativo para as três épocas, tendo efeito linear para as épocas 1 e 2, sendo que o aumento de velocidade de enleiramento resultou em maior teor de ATR por tonelada de cana. Na cana da época

3 a velocidade ($9,7 \text{ km h}^{-1}$) resultou na produção de maior teor de açúcares no colmo (Figura 9B).

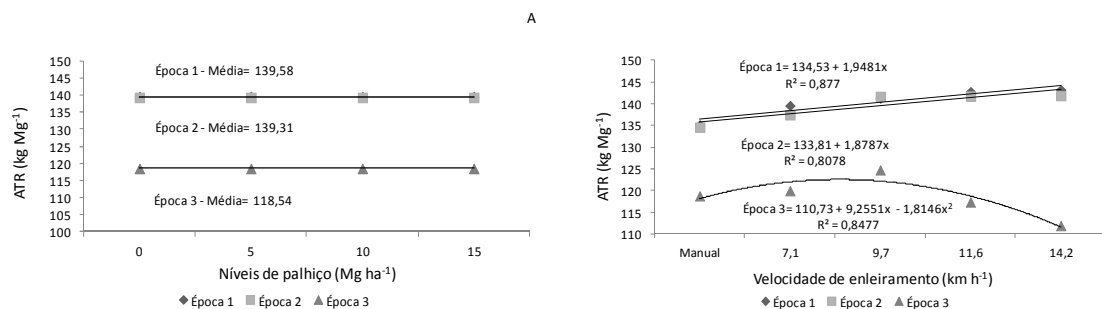


FIGURA 9. Açúcares Totais Recuperáveis (ATR) de cana-de-açúcar, submetido a níveis de cobertura do solo com palhicho (A) e velocidades de enleiramento (B), para a época 1 (RB 85 5156; colhida no início da safra), época 2 (RB 835486; colhida no meio da safra), época 3 (RB 83 5054; colhida no final da safra). Dourados - MS, 2013.

Analisando os dados de produtividade de açúcares por hectare (TAH) da cana, observou-se que não houve efeito significativo para as épocas 1 e 2 em relação aos níveis de palhicho, enquanto a época 3 teve efeito significativo, sendo a equação quadrática a que melhor se ajustou aos dados e com maior TAH no nível de 5 Mg ha^{-1} de palhicho (Figura 10A). A velocidade de enleiramento não exerceu influência sobre a cana em nenhuma das três épocas, quando analisado a produtividade de açúcares (Figura 10B).

A produção final de açúcares por unidade de área (TAH) é o componente que define a remuneração ao fornecedor de cana sendo resultante da complexa interação dos fatores de produção que ocorrem durante todo o ciclo da cana soca, que gira em torno de 12 meses. No presente trabalho embora tenham sido observados efeitos dos níveis de palhicho em alguns componentes do crescimento da planta (número de perfilhos iniciais, altura de plantas e diâmetro do colmo), nos componentes da qualidade tecnológica (Brix, AR e Pol) os componentes decisivos da produtividade (TCH, ATR) não foram influenciados pelos níveis de palhicho. Desta forma na possibilidade de deixar o palhicho sobre o solo pode-se esperar melhorias no ambiente de produção a médio e longo prazo que devem resultar na manutenção ou até aumento da produtividade da soqueira, entretanto em anos de crise e com oportunidade de utilização do palhicho residual para produção de bioetanol de segunda geração ou cogeração de

bioeletricidade, pode-se promover o recolhimento total do palhiço sem prejuízos a produção da cana na safra seguinte.

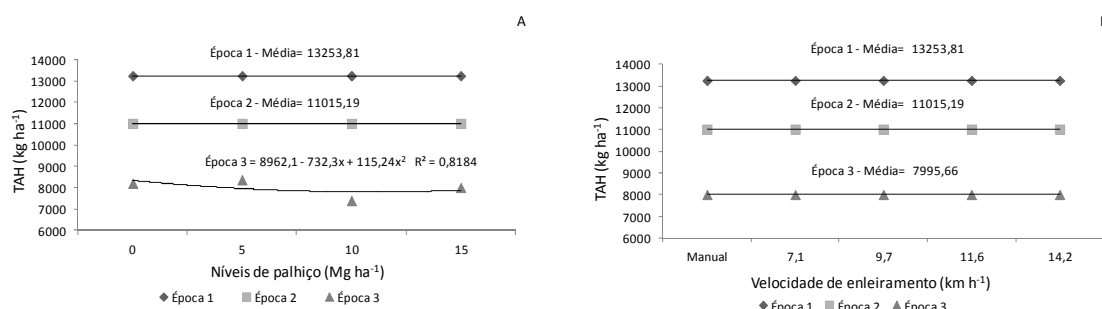


FIGURA 10. Produção de açúcares por hectare (TAH) da cana-de-açúcar, submetido a níveis de palhiço residual (A) e velocidades de enleiramento (B), para a época 1 (RB 85 5156; colhida no início da safra), época 2 (RB 835486; colhida no meio da safra), época 3 (RB 83 5054; colhida no final da safra). Dourados - MS, 2013.

Da mesma forma que para os níveis de palhiço deixados sobre a soqueira, as velocidades de enleiramento do palhiço não afetaram a produtividade de açúcares por unidade de área nas três áreas estudadas. Com a ressalva de que estudos de mais longo prazo devam ser conduzidos em diversos ambientes de produção para confirmação destes resultados, pode-se recomendar a adoção de velocidades de até 14,2 km h⁻¹, para proceder o enleiramento do palhiço, resultando em maior capacidade operacional e consequente menor custo de recolhimento do palhiço.

CONCLUSÕES

Não houve efeito conjunto (interações) de velocidades de enleiramento e níveis de palhiço remanescente, concluindo-se que estes fatores atuam de forma independente no perfilhamento, crescimento e produção das soqueiras da cana-de-açúcar.

Os níveis de palhiço não influenciaram a produção de colmos na colheita de início (1ª época, variedade RB 855156) e meio (2ª época, variedade RB 835486) de safra e na colheita de final de safra (3ª época, variedade RB 835054) obteve-se produção máxima de colmos com a manutenção de 5 Mg ha⁻¹ de palhiço remanescente.

Não houve efeito das velocidades de enleiramento na colheita de início de safra (1ª época), na colheita de meio de safra (2ª época) obtiveram-se maiores produtividades de colmos nas velocidades de enleiramento de 7,1 e 14,2 km h⁻¹, e na colheita de final de safra (3ª época) na velocidade de 14,2 km h⁻¹.

A produção de açúcares da cana por hectare não é alterada em função dos níveis de palhicho residual e das velocidades de enleiramento do palhicho.

O recolhimento parcial do palhicho para outros usos na Indústria Sucroenergética realizado uma única vez, não promoveu redução na produção de açúcares por unidade de área na safra seguinte.

O enleiramento do palhicho a velocidades de até 14,2 km h⁻¹, proporcionam maior capacidade operacional, sem redução na produção de colmos e açúcares em uma safra.

Recomenda-se realizar estudos de longo prazo iniciando-se a partir da primeira soqueira e conduzindo-se com retirada parcial e total do palhicho durante todo um ciclo de produção (6 cortes), para avaliar o efeito cumulativo da retirada do palhicho na produtividade e longevidade dos canaviais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRÃO, J.S. **Níveis de palhadas e preparos do solo em cultivos de cana-de-açúcar: impacto sobre a fauna edáfica e epigeica**. 2012. 41p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: área de concentração em Produção Vegetal) Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2012.
- AGUILAR, C.M.; RANGEL, E.F.; GARCIA, L.; MOMEN, H.; GRIMALDI, JR.; VARGAS, Z. La combustion de los residuos de la cana de azúcar: parte I, características combustibles. **Cuba Azúcar**, Habana, v. 6, n. 2, p. 27-33, 1989.
- ALMEIDA, C.X.; CENTURION, J.F.; JORGE, R.F.; ANDRIOLI, I.; VIDAL, A.A.; SERAFIM, R.S. Índice de floculação e agregação de um Latossolo vermelho sob dois sistemas de colheita da cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.25, n.4, p.123-129, 2009.
- BEBÉ, F.V.; ROLIM, M.M.; PEDROSA, E.M.R.; SILVA, G.B.; OLIVEIRA, V.S. Avaliação de solos sob diferentes períodos de aplicação com vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.13, n.6, p.781-787, 2009.
- BETANCOURT, A. F. Matérias estrañas em la cosecha de la cana de azúcar. **Boletim Oficial de la Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba**, Habana, v. 22, n. 2, p. 3-29, 1976.
- BRIEGER, F. O. Início da safra. Como determinar a maturação. **Boletim Informativo Copereste**, Ribeirão Preto, v.4, número único, p. 1-3, 1968.

- CANTARELLA, H. **Sugarcane production**. In: COSER, T. R.; DAVIS, M. J. (Ed.). **BIOFUELS: Reasonable Steps Towards a Renewable Energy Future**. Brasília, DF, Brazil: Fullbright Commission Brazil, 2010. p.27-37.
- CASAGRANDE, A.A. Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar. Jaboticabal: Funep,. 1991. 157p.
- CASTRO, P.R.C.; CHRISTOFOLETTI, P.J. Fisiologia da cana-de-açúcar. In: MENDONÇA, A.F. **Cigarrinhas da cana-de-açúcar: controle biológico**. Maceió: **Insecta**, p.3-48. 2005.
- CARVALHO, J.G.; ANDRADE, L.A.B.; EVANGELISTA, A.R. Avaliação do potencial forrageiro de cinco variedades de cana-de-açúcar (ciclo de ano) em diferentes estádios de desenvolvimento. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.11, n.4, p.18-23, 1993.
- CARVALHO, G.J. **Análise da potencialidade autoalelopática de restos culturais da colheita de cana-de-açúcar**. 1996. 72f. Tese (Doutorado em Agronomia)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.
- CERRI, C.C.; GALDOS, M.V.; MAIA, S.M.F.; BERNOUX, M.; FEIGL, B.J.; POWLSON, D.; CERRI, C.E.P. Effect of sugarcane harvesting systems on soil carbon stocks in Brazil: an examination of existing data. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v.62, n.1, p.23-28, 2011.
- CONAB –COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar: safra 2013/2014**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_08_08_09_39_29_boletim_cana_portugues_-_agosto_2014_1o_lev.pdf>. Acessado em: 20 novembro 2014.
- COPERSUCAR (São Paulo, SP). **Amostragens e análise de cana-de-açúcar**. São Paulo: Centro de Tecnologia Copersucar, 1980. 37p.
- COPERSUCAR. Projeto BRA/96/G31: disponibilidade da palha de cana-de-açúcar. **Cenbio Notícias**, Brasília, v. 4, n. 12, 1998.
- COSTA, M.C.G.; MAZZA, J.A.; VITTI, G.C.; JORGE, L.A.C. Distribuição radicular, estado nutricional e produção de colmos e de açúcar em soqueiras de dois cultivares de cana-de-açúcar em solos distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.1503-1514, 2007.
- COSTA, C. T. S.; FERREIRA, V. M.; ENDRES, L; FERREIRA, D. T. R. G.; GONÇALVES, E. R. Crescimento e produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar no quarto ciclo de cultivo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, p.56-63, 2011.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; CARVALHO, S.J.P.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; NICOLAI, M.; HIDALGO, E.; SILVA, J.E. Conservation of natural resources in Brazilian agriculture: implications on weed biology and management. **Crop Protection**, v.26, p.383-389, 2007.
- CRONQUIST, A. An integrated system of classification of flowering plants. New York, 1981. 162p.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v.6, p.36-41, 2008.
- FERNANDES, A.C. Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar. 2.ed. Piracicaba: STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos, 2003. 240p.

FERNANDES, A.C. Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar. Piracicaba: STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos, 2000. 193p.

GALDIANO, L.C. **Qualidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) submetida à aplicação de maturadores químicos em final de safra**. 2008. 53f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

GAVA, G.J.C.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, M.W.; PENATTI, C.P. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto ou não com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.1347-1354, 2001.

GAVA, G.J.C. **Utilização do nitrogênio da uréia (15N) e da palhada (15N) por soqueira de cana-de-açúcar no manejo sem despalha a fogo**. Piracicaba, 1999. 81p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R.; FIGUEIREDO, P.; SILVA, M.A.; BIDOIA, M.A.P.; ROSSETTO, R.; MARTINS, A.L.M.; GALLO, P.B.; KANTHACK, R.A.D.; CAVICHIOLI, J.C.; VASCONCELOS A.C.M.; XAVIER, M.A. **A variedade IAC86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo de produção e uso na alimentação animal**. Campinas: IAC, 2002. 36p. (Boletim Técnico n.193)

LANE, J. H.; EYNON, L. Determination of reducing sugars by Fehling's solution with methylene blue indicator. London: Norman Rodge, 1934. 8p.

LAVANHOLI, M.G.D.P. **Qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para produção de açúcar e álcool**. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.D.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Ed.). Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônomo, p.697-722, 2008.

LEME FILHO, J.R.A. Desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) sob diferentes formas de colheita e de manejo do palhicho. Piracicaba: ESALQ/USP, 2009. 111p. Tese Doutorado.

LIMA, S.S.; AQUINO, A.M.; LEITE, L.F.C.; VELÁSQUEZ, E.; LAVELLE, P. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.3, p.322-331, 2010.

LUCA, E.F.; FELLER, C.; CERRI, C.C.; BARTHÈS, B.; CHAPLOT, V.; CAMPOS, D.C.; MANECHINI, C. Avaliação de atributos físicos e estoques de carbono e nitrogênio em solos com queima e sem queima de canavial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.2, p.789-800, 2008.

MACHADO, E.C. **Fisiologia da produção da cana-de-açúcar**. In: PARANHOS, S.B. (Coord.). Cana-de-açúcar: cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, p.56-87.

MARQUES, T.A.; SASSO, C.G.; SATO, A.M.; SOUZA, G.M. Queima do canavial: aspectos sobre a biomassa vegetal, fertilidade do solo e emissão de CO₂ para atmosfera. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.25, n.1, p.83-89, 2009.

MONQUERO, P.A.; AMARAL, R.L.; BINHA, D.P. Mapa de infestação de plantas daninhas em diferentes sistemas de colheita da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v.26, p.47-55, 2008.

- OLIVEIRA, E.L.; ANDRADE, L.A.B.; FARIA, M.A.; EVANGELISTA, A.W.P.; MORAIS, A.R. Uso de vinhaça de alambique e nitrogênio em cana-de-açúcar irrigada e não irrigada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.11, p.1398-1403, 2009.
- OLIVEIRA, M.D.S.; TOSI, H.; SAMPAIO, A.A.M.; VIEIRA, P.F.; SANTIAGO, G. Avaliação de duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tempos de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.8, p.1435-1442, 1999a.
- OLIVEIRA, M.W.; TRIVELIN, P.C.O.; GAVA, G.J.C.; PENATTI, C.P. Degradação da palhada de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.4, p.803-809, 1999b.
- OLIVEIRA, R.A.; DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; BESPALHOK-FILHO, J.C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; SILVA, D.K.T. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.37, n.2, p.71-76, 2007.
- ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELO JUNIOR, E.; AGUJARO, R.; ROSSETO, A.J. Efeito da aplicação prolongada de vinhaça nas propriedades químicas dos solos com cana-de-açúcar. Estudo Exploratório. **STAB-Açúcar, Álcool Subprodutos**, Piracicaba, v.1, n.1, p.28-33, 1983.
- OTTO, R.; VITTI, G.C.; LUZ, P.H.C. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, p.1137-1145, 2010.
- RAMESH, P.; MAHADEVASWAMY, M. Effect of formative phase drought on different classes of shoots, shoot mortality, cane attributes, yield and quality of four sugarcane cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Verlag, v.185, p.249-258, 2000.
- RAMÃO, F.P.; SCHNEIDER, I.E.; SHIKIDA, P.F.A. Padrão tecnológico no corte de cana-de-açúcar: um estudo de caso no Estado do Paraná. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v.54, n.1, p.21-32, 2007.
- RIBEIRO, H.; PESQUERO, C. Queimadas de cana-de-açúcar: avaliação de efeitos na qualidade do ar e na saúde respiratória de crianças. **Estudos Avançados**, São Paulo-SP, v.24, n.68, p.255-271, 2010.
- RIPOLI, T. C. C.; MOLINA Jr. W. F.; NOGUEIRA, M. C. S.; MATOS, J. R. Equivalente energético da palhada da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1990, Piracicaba. Anais...Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 249-262.
- RIPOLI, T. C. C.; MIALHE, L. G.; BRITO, J. O. Queima de canavial: o desperdício não mais admissível. **Álcool & Açúcar**, Piracicaba, v. 10, n. 54, p. 18-23, 1990.
- RIPOLI, T. C. C.; MOLINA JUNIOR, W. F. Cultura canavieira: um desperdício energético. **Maquinaria Agrícola**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 2-3, 1991.
- RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. Effects of pré-harvest burning in sugar cane (*Saccharum* spp.) in Brazil. *Rivista di Ingegneria Agraria*, Bologna, v. 32, n. 4, p. 202-210, 2001.

RODRIGUES, E.B.; SAAB, O.J.G.A. Avaliação técnico-econômica da colheita manual e mecanizada da cana-de-açúcar (*saccharum spp*) na região de Bandeirantes- PR. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.28, n.4, p.581-588, 2007.

SEGATO, S.V.; ALONSO, O.; LAROSA, G. **Terminologias no setor sucroalcooleiro**. In: SEGATO, S.V.; ALONSO, O.; LAROSA, G. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: CP 2, 2006. p.399-400.

SERRA, G.E.; CESAR, M.A.A.; OLIVEIRA, A.J.; GODOY, D. Comportamento de variedades de cana-de-açúcar no período de industrialização. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.79, n.4, p.27-40, 1972.

SILVA, M.A.; GAVA, G.J.C.; CAPUTO, M.M.; PINCELLI, R.P.; JERÔNIMO, E.M.; CRUZ, J.C.S. Uso de reguladores de crescimento como potencializadores do perfilhamento e da produtividade em cana-soca. **Bragantia**, Campinas, v.66, p.545-552, 2007.

SILVA, M.A.; JERONIMO, E.M. e LÚCIO, A.D. Perfilhamento e produtividade de cana-de-açúcar com diferentes alturas de corte e épocas de colheita **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.8, p.979-, 2008.

SILVA, T.G.F.; MOURA, M.S.B.; ZOLNIER, S.; 986CARMO, J.F.A.; SOUZA, L.S.B. Biometria da parte aérea da cana soca irrigada no submédio do vale do São Francisco. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, p.500-509, 2012.

SINGEL, A.; SMIT, M.A.; REDSHAW, K.A.; DONALDSON, R.A. The effect of crop start date, crop class and cultivar on sugarcane canopy development and radiation interception. **Field Crops Research**, v.92, p.249-260, 2005.

SOUZA, R.A.; TELLES, T.S.; MACHADO, W.; HUNGRIA, M.; TAVARES FILHO, J.; GUIMARÃES, M.F. Effects of sugarcane harvesting with burning on the chemical and microbiological properties of the soil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.155, p.1-6, 2012.

TEIXEIRA, W.G.; SOUSA, R.T.X.; KORNDÖRFER, G.H. Resposta da cana-de-açúcar a doses de fósforo fornecidas por fertilizante organomineral. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.30, n.6, p.1729-1736, 2014.

TRIVELIN, P. C. O., OLIVEIRA, M. W. VITTI, A. C., GAVA, G. J. C. e BENDASSOLL, J. A. Perdas do nitrogênio da uréia no sistema solo-planta em dois ciclos de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, V. 37, p. 193-201, 2002.

TRIVELIN, P.C.O.; RODRIGUÊS, J.C.S.; VICTORIA, R.L.; REICHARDT, K. Utilização por soqueira de cana-de-açúcar de início de safra do nitrogênio da aquamônia-¹⁵N e uréia-¹⁵N aplicado ao solo em complemento a vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, p.89-99, 1996.

TRIVELIN, P.C.O.; VICTORIA, R.L.; RODRIGUES, J.C. Aproveitamento por soqueira de cana-de-açúcar de final de safra do nitrogênio da aquamônia-¹⁵N e aplicado ao solo em complemento à vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.12, p.1375-1385, 1995.

WATANABE, R.T.; FIORETTO, R.A.; HERMANN, E.R. Propriedades químicas do solo e produtividade da cana-de-açúcar em função da adição da palhada de colheita, calcário e vinhaça em superfície (sem mobilização). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.25, n.2, p.93-100, 2004.

ZOTELLI, L.C. Palha e Vinhaça: Emissões de CO₂, N₂O e CH₄ em solo com cana-de-açúcar. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2012. 77p.

5. ARTIGO 2

NÍVEIS DE PALHIÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR SOBRE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

RESUMO

O palhiço sobre o solo contém uma grande concentração de macro e micronutrientes, contudo sua degradação é lenta resultando em reduzida mineralização no período de um ano agrícola. Além disso, o processo de mineralização é dependente de diversos fatores (solo, umidade, luz solar e temperatura) fatores que interferem na ação dos microorganismos que atuam no processo. Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos de níveis de palhiço sobre os atributos químicos de um Latossolo Vermelho distroférico, em épocas de colheita na região Sul do estado de Mato Grosso do Sul. Os experimentos foram realizados em áreas de cana-soca que passaram pelo terceiro corte, colhidas na época 1 em maio de 2012, época 2 em agosto de 2012, e época 3 em novembro de 2012. Após a colheita mecanizada da cana crua em cada época foram aplicados quatro níveis de palhiço (0; 5; 10 e 15 Mg ha⁻¹). As amostras de solo foram coletadas em todas as parcelas experimentais, nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-20 cm, após a colheita da cana-de-açúcar em 2012, antes do estabelecimento dos níveis de palhiço (inicial) e após a colheita da soqueira na safra 2013 (final), ocorrida após 12, 12 e 9,5 meses nas épocas 1, 2 e 3, respectivamente. Foram analisados os teores de pH (CaCl₂), cálcio (Ca⁺⁺), magnésio (Mg⁺⁺), fósforo (P) disponível, potássio trocável (K⁺), saturação por base (V%) e matéria orgânica (MO). Não houve aumento significativo nos teores dos nutrientes avaliados nas camadas superficiais do solo, após um ano de cultivo, mesmo com a manutenção de 15 Mg ha⁻¹ de palhiço e não houve incremento nos valores de matéria orgânica avaliados nas camadas superficiais do solo, após um ano de cultivo, mesmo com o recolhimento total do palhiço, independente da época de colheita da cana. Desta forma sugere-se a possibilidade de realizar o recolhimento parcial do palhiço para outros usos sem afetar os atributos químicos do solo, na safra seguinte.

Palavras-Chave: *Saccharum* spp., palhada, cana crua, colheita mecanizada.

STRAW LEVELS OF SUGARCANE ON SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES

ABSTRACT

The straw on the soil contains a high concentration of macro and micronutrients, however its degradation is slow resulting in reduced mineralization on the period from one growing season. Besides, the mineralization process is dependent on several factors (soil, humidity, sunlight and temperature) factors affecting the action of microorganisms that act in the process. The objective of this study was to evaluate the effects of straw levels on the chemical attributes of a Oxisol Haplorthox in harvest seasons in the South region of Mato Grosso do Sul. The experiments were conducted in sugarcane ratoon areas that have passed the third cut, cut into season number 1 in May 2012, the second time in August 2012, and the third time in November 2012. After the mechanical harvesting of raw cane in each season were applied four levels of straw (0, 5, 10 and 15 Mg ha⁻¹). Soil samples were collected from all experimental parcels at depths of 0-5; 5-10; 10-20 cm, after the harvest of sugarcane in 2012, before the establishment of straw levels (initial) and after harvest of ratoon crop in 2013 (final), occurred after 12, 12 and 9.5 months at times 1, 2 and 3, respectively. It were analyzed the pH values (CaCl₂), calcium (Ca⁺⁺), magnesium (Mg⁺⁺), phosphorus (P) available exchangeable potassium (K⁺), base saturation (%) and organic matter (OM). There was no significant increase in the levels of the evaluated nutrients in the topsoil, after a year from planting, even with the maintenance of 15 Mg ha⁻¹ of chaff and there was no increase in the amount of organic matter evaluated in the topsoil after a year of cultivation, even with the total gathering straw, regardless of the age of the cane harvest. This way it is suggested the possibility of performing the partial gathering of straw for other uses without affecting the soil chemical attributes, in the following harvest.

Keywords: *Saccharum spp*, straw, green sugarcane, mechanical harvesting.

INTRODUÇÃO

A queima do canavial antes de realizar a colheita, é comum em vários países que cultivam a cana-de-açúcar, pois a queima da densa biomassa foliar torna mais fácil o corte manual dos colmos. Porém, a liberação de monóxido de carbono (CO) e outros

gases poluentes na atmosfera, a deposição de cinzas em áreas urbanas e a exposição do solo são alguns dos vários problemas ambientais causados pela queimada (LUCA et al., 2008).

Para evitar esses problemas ambientais, vem substituindo-se a colheita com queima pela colheita mecânica de cana crua, que de modo similar ao sistema de plantio direto deixa sobre o solo espessa camada de palhicho, sobre a qual são realizadas as etapas do manejo cultural (MARTINS et al., 1999). Esta camada de palhicho pode atingir valores de 8 até 20 Mg ha⁻¹, oscilando em razão da variedade e idade do canavial (CHRISTOFFOLETI et al., 2007). Ainda, o tipo de colheita utilizado pode influenciar a produção e a longevidade da cultura, os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, o meio ambiente e a saúde pública (SOUZA et al., 2005).

Ao colher a cana crua, as folhas secas e verdes dos colmos, pedaços estilhados de colmos, ponteiros e colmos não transportados, perfilhos mortos, além de restos vegetais de plantas daninhas formam uma camada denominada de palhicho, com espessura aproximada entre 8 a 12 cm sobre o solo (PAULA et al., 2010). Além disso, aumenta o teor de matéria orgânica, melhora da capacidade de troca catiônica (CTC), favorecendo o microclima próximo ao solo, evitando amplitudes térmicas e mantendo a umidade por um período bem maior, influenciando a dinâmica da matéria orgânica do solo (CERRI et al., 2011) e, reduzindo as perdas de solo e nutrientes (MARTINS FILHO et al., 2009).

A manutenção das coberturas mortas sobre o solo pode resultar em grandes modificações benéficas ao solo, tais como: aumento e estabilização da umidade, elevação dos teores de matéria orgânica, alterações na fertilidade e temperatura, maior eficácia no controle da erosão, interferência sobre a incidência de luz na superfície do solo, mudança da flora infestante e redução na aplicação de herbicidas (VIDAL e THEISEN, 1999; SILVA et al., 2003; CHRISTOFFOLETI et al., 2007; CAVENAGHI et al., 2007; GUIMARÃES et al., 2008).

Outro benefício da manutenção das coberturas mortas é que o palhicho contém uma grande concentração de macronutrientes e micronutrientes, desta forma, além de aumentar a matéria orgânica do solo, esses nutrientes podem ser utilizados pela cultura da cana-de-açúcar (ABRAMO FILHO et al., 1993; TRIVELIN et al., 2002; VITTI e MAZZA, 2002; CANELLAS et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2014).

Por outro lado, a degradação do palhicho é lenta, apresenta uma reduzida mineralização no período de um ano agrícola (OLIVEIRA et al., 1999; LUCA et al.,

2008). A degradação dos carboidratos solúveis (sacarose e amido) é maior e mais rápida do que os carboidratos estruturados como (hemicelulose, celulose e lignina) (OLIVEIRA et al., 1999), sendo esse processo dependente de uma série de condições (solo, umidade, luz solar e temperatura) fatores que interferem na ação dos microorganismos decompositores que vão realizar esse processo de degradação (SIQUEIRA e FRANCO, 1988; MATSUOKA, 1998; VITTI e MAZZA, 1998).

Oliveira et al. (1999), estimaram que a palhada adicionasse anualmente, através de reciclagem, pequenas quantidades de N, P, Mg e S, quantidades médias de Ca e quantidades significativas de K. Estes autores verificaram a liberação de 56 kg ha⁻¹ de K, o que correspondeu a um percentual de 85% do inicialmente existente na palhada após 12 meses. Já Fortes et al. (2012) relatam que ocorreu a liberação do K pela fitomassa de cana com valores de 88% e 93% do inicialmente existente no material em duas safras. Estes potenciais representaram por volta de 40 kg ha⁻¹ de potássio.

Nos primeiros dias do processo de decomposição ocorre a liberação de grande parte do potássio, conforme foi avaliado por Yadav et al. (1987) que verificaram a liberação de 35% do K nos 15 primeiros dias, sendo que aos 120 dias teve liberação de 70% do K existente na fitomassa de cana-de-açúcar.

O palhiço de cana-de-açúcar é capaz de elevar os teores de Ca e Mg do solo liberando anualmente em torno de 15 e 5 kg ha⁻¹, respectivamente (FRANCO et al., 2007), ou 28 e 12 kg ha⁻¹ (FORTES et al., 2012). Somado a isso, em situações de reforma do canavial, deve-se considerar o efeito das raízes que em conjunto com a fitomassa incrementa ao solo 59 e 25 kg ha⁻¹, de Ca e Mg, respectivamente (FRANCO et al., 2007).

O fósforo é um elemento absorvido em menor quantidade pela cana-de-açúcar, o que contribui para sua baixa disponibilidade na fitomassa, de 3 a 6 kg ha⁻¹ de fósforo no primeiro ano safra, a partir de três safras, o material consegue liberar cerca de 2 a 4 kg ha⁻¹, valores baixos quando considerada a necessidade deste elemento no sistema solo planta (OLIVEIRA et al., 1999; FORTES et al., 2012; FRANCO et al., 2007).

A preservação do palhiço e a adição de vinhaça podem ser uma estratégia importante na manutenção e aumento da fertilidade do solo a longo prazo em lavouras de cana.

Segundo Penatti (1999) e Vitti (2008), entre os fatores que podem influenciar a degradação da palhada são destacados a adição de N e a aplicação de

vinhaça. Porém a vinhaça não parece ter influenciado a taxa de decomposição da palha no solo agrícola, assim como verificado por Oliveira et al. (1999), que observaram que a aplicação de $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de vinhaça sobre o palhicho da cana-de-açúcar não alterou a degradação da matéria seca da palha e a liberação de nutrientes.

Objetivou-se com este trabalho avaliar os níveis de palhicho sobre os atributos químicos de um Latossolo Vermelho distroférico em épocas de colheita na região Sul do estado de Mato Grosso do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área experimental da Usina São Fernando Açúcar e Álcool, no município de Dourados-MS, localizada nas coordenadas geográficas $22^{\circ}16'21''$ de latitude sul e $54^{\circ}55'55''$ de longitude oeste com altitude de 434 m. O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen. As precipitações pluviométricas mensais durante a condução do experimento são apresentadas na Figura 1, e foram obtidas na estação meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste – Dourados, MS.

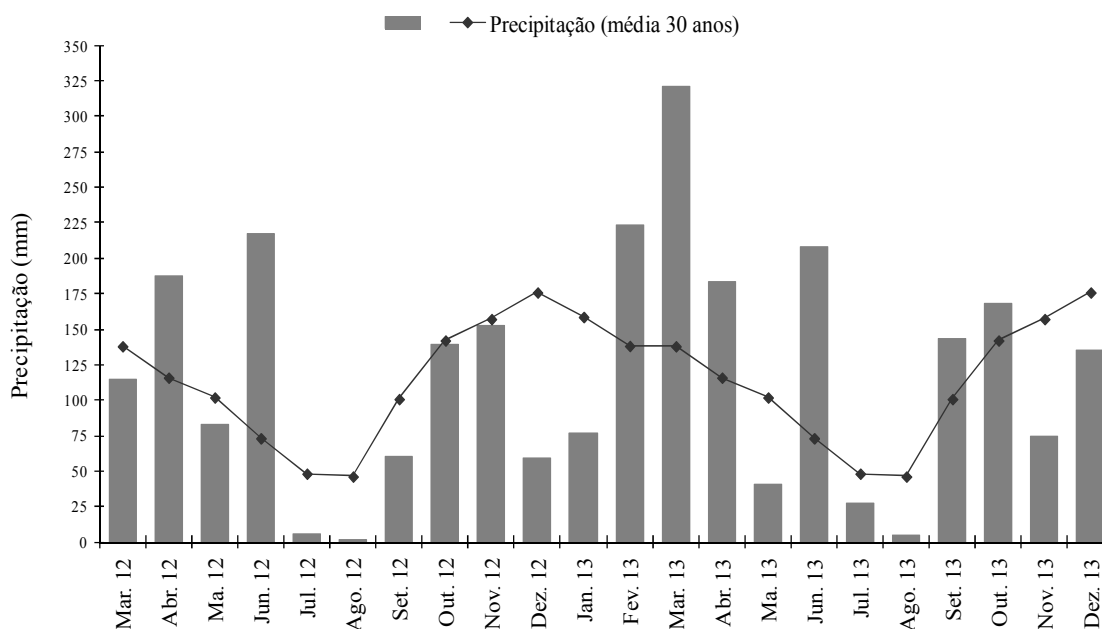


FIGURA 1. Precipitação pluviométrica mensais nas safras 2012/13 e média histórica da precipitação.

O solo das três áreas onde foi conduzido o experimento foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf). Os resultados das análises químicas e textural dos solos, para caracterização das áreas experimentais são apresentados na Tabela 1. O delineamento experimental foi de blocos casualizados (DBC), com experimento montado em parcelas subdivididas, quatro níveis de palhicho (0; 5; 10 e 15 Mg ha⁻¹ de massa seca) e duas coletas (inicial e final) com 5 repetições, para cada área experimental (época de colheita). As áreas experimentais foram conduzidas com cana-soca que havia passado pelo terceiro corte para as três épocas, após a colheita mecanizada de cana crua foram demarcadas as áreas para instalação dos experimentos. É o primeiro ciclo de cana-de-açúcar realizando na área sendo anteriormente manejado com pastagem para pecuária de corte.

TABELA 1. Análise do solo das áreas de cana-de-açúcar, sob colheita mecanizada de cana crua, na Usina São Fernando Açúcar e Álcool – Dourados, MS.

PROFUNDIDADE	pH	Ca	Mg	H+Al	K	P (Mehlich ⁻¹)	SB	CTC	V	M.O.	Argila	Silte	Areia	
		CaCl ₂	cmolc dm ⁻³				mg dm ⁻³	cmolc dm ⁻³		(%)	g Kg ⁻¹			
Época 1	0-5	5,58	6,22	2,25	4,27	1,56	9,72	10,03	14,30	69,88	47,89	666,00	150,00	184,00
	5-10	5,62	6,30	2,28	4,22	1,55	9,72	10,13	14,35	70,35	46,45	666,00	150,00	184,00
	10-20	5,45	5,30	2,00	5,45	1,03	5,06	8,33	13,78	63,28	39,39	682,00	134,00	184,00
Época 2	0-5	4,58	2,31	0,86	7,76	1,50	5,57	4,67	12,43	37,88	36,03	558,00	184,00	258,00
	5-10	4,53	2,04	0,71	8,16	1,37	4,24	4,11	12,28	34,11	32,58	558,00	184,00	258,00
	10-20	4,44	1,70	0,55	8,47	1,14	2,90	3,39	11,86	29,16	28,95	576,00	166,00	258,00
Época 3	0-5	5,24	4,23	1,27	4,14	0,85	5,96	6,36	10,50	60,60	37,06	624,00	165,00	211,00
	5-10	5,25	4,09	1,25	4,32	0,65	4,84	5,99	10,31	57,87	35,19	624,00	165,00	211,00
	10-20	5,07	3,17	1,06	4,88	0,43	3,04	4,66	9,54	48,64	30,85	635,00	158,00	207,00

Época 1 (Cana de ciclo precoce, colhida no início da safra); época 2 (Cana de ciclo médio, colhida no meio da safra); época 3 (Cana de ciclo tardio, colhida no final da safra).

O experimento foi constituído de três épocas de colheita (Época 1 (Cana de ciclo precoce, colhida no início da safra); época 2 (Cana de ciclo médio, colhida no meio da safra); época 3 (Cana de ciclo tardio, colhida no final da safra), foram consideradas três experimentos, conduzidas em áreas separadas), cada época com uma variedade diferente de cana-de-açúcar em função do ciclo de maturação. Na área colhida na primeira época, em 02/05/2012, cultivou-se a variedade de ciclo precoce RB 855156, estabeleceu-se os níveis de palhicho 09/05/2012. As amostragens de solo foram realizadas em 08/05/2012 (inicial) e em 23/05/2013 (final), 12 meses após estabelecer os níveis de palhicho.

Na área colhida na segunda época, em 08/08/2012, cultivou-se a variedade de ciclo de maturação intermediário RB 835486, estabeleceu-se os níveis de palhicho

15/08/2012. As amostragens de solo foram realizadas em 16/08/2012 (inicial) e em 19/08/2013 (final), 12 meses após estabelecer os níveis de palhiço.

Na área colhida na terceira época, em 20/11/2012, cultivou-se a variedade de ciclo de maturação tardio RB 835054, estabeleceu-se os níveis de palhiço 27/11/2012. As amostragens de solo foram realizadas em 28/11/2012 (inicial) e em 17/09/2013 (final), 9,5 meses após estabelecer os níveis de palhiço. A colheita teve que ser antecipada neste talhão devido as fortes geadas que causaram a morte total do canavial.

Após a colheita realizada no início do experimento, para cada época, antes da aplicação dos tratamentos, amostras de palhiço foram levadas para laboratório e determinado a umidade, posteriormente foi avaliada a quantidade de palhiço na área, sendo encontrados valores de 15,20 Mg ha⁻¹ na época 1, de 18,64 Mg ha⁻¹ na época 2 e de 17,10 Mg ha⁻¹ na época 3 de massa seca. O palhiço foi retirado totalmente da área e retornado com valores da massa seca estipulado para cada parcela.

Em cada área experimental foram estabelecidos quatro níveis de palhiço (0; 5; 10 e 15 Mg ha⁻¹ de massa seca), em blocos completos casualizados, com 5 repetições. Após a instalação dos tratamentos, a área experimental recebeu os mesmos manejos das áreas comerciais da Usina. Controle de plantas daninhas por meio de aplicação de herbicidas e capina manual. Adubação realizada com 380 kg ha⁻¹ de Nitrato de amônio e 360 m³ ha⁻¹ de vinhaça por meio de fertirrigação, divididas em três aplicações de 120 m³ ha⁻¹ com intervalo entre 3 a 5 dias entre as aplicações.

As parcelas foram constituídas de seis linhas de cana com 15 metros de comprimento. Todas as amostragens foram feitas unicamente nas quatro linhas centrais de cada parcela, estabelecendo-se as linhas mais externas (1 e 6) como bordaduras laterais.

As amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-5; 5-10 e 10-20 cm, com auxílio de trado holandês, formando uma amostra composta por seis subamostras em cada profundidade em cada suparcela, misturadas em balde plástico e acondicionada em pacote plástico identificado, após a colheita da cana-de-açúcar no momento da instalação do experimento (inicial) e após a colheita final (final). Após a coleta, as amostras de solo foram secas ao ar e encaminhadas ao laboratório para as seguintes determinações:

O pH do solo foi determinado em CaCl₂ na proporção solo-líquido de 1:2,5, conforme EMBRAPA (1997). A matéria orgânica foi obtida pelo método de Walkley-

Black, de acordo com Jackson (1958). O cálcio (Ca^{++}) e o magnésio (Mg^{++}) foi determinado por cloreto de potássio (KCl), a $1,0 \text{ mol L}^{-1}$, sendo determinados por Espectrofotometria de Absorção Atômica (EAA). Os teores de fósforo (P) disponível e potássio (K^{+}) foram extraídos por Mehlich, sendo o primeiro determinado por colorimetria e o segundo por fotometria de chama. Ainda foi calculada a saturação por base (V%). As análises foram realizadas seguindo metodologia descrita por Silva (1999).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias submetidas à análise de regressão para os níveis de palhico e ao teste de Tukey para coletas a 5% de probabilidade. As análises foram feitas com o auxílio do programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação entre níveis de palhico e momento das avaliações no solo da época 1 em todas as profundidades e no solo da época 2 na profundidade de 0-5 cm, para a variável pH do solo (Figura 2).

Houve efeito de níveis de palhico para os valores de pH em CaCl_2 da solução do solo, na avaliação inicial apenas para a época 1 nas profundidades de 0-5 cm (Figura 2A) e 10-20 cm (Figura 2G), ocorrendo aumento linear de pH conforme aumentou o nível de palhico sobre o solo.

Não houve efeito dos níveis de palhico na profundidade de 0-5 cm para as épocas 2 e 3 (Figuras 2B e 2C) e na profundidade 5-10 para as épocas 1 e 3 (Figuras 2D e 2F) enquanto que para a profundidade de 5-10 na época 2, conforme aumentou a quantidade de palhico, reduziu de forma linear os valores de pH do solo na média das duas avaliações (Figura 2E). Na profundidade de 10-20 cm houve efeito dos níveis de palhico nas épocas 2 e 3 (Figuras 2H e 2I), apresentando ajuste quadrático, onde a ausência de palha resultou nos maiores valores de pH.

Realizando a comparação dos valores de pH inicial e final, na média dos níveis de palhico, observa-se que na profundidade de 0-5 cm para época 1 e na profundidade de 10-20 época 3 não houve alteração no valores de pH entre as avaliações (Tabela 2). Para as três épocas na profundidade de 5-10 cm ocorreu a redução dos valores de pH da primeira para a segunda avaliação (Tabela 2). Observa-se ainda que, na média dos níveis de palhico, para as épocas de colheita de meio e final de

safrá, na profundidade superficial do solo (0-5 cm) houve maiores valores de pH na avaliação realizada 12 meses após a aplicação dos tratamentos (Tabela 2).

Não houve efeito dos níveis de palhíço no pH do solo 12 meses após o estabelecimento dos tratamentos e o aumento no pH na profundidade superficial do solo (0-5 cm) nas épocas de colheita 2 e 3 foram causados pela adição de 360 m³ de vinhaça por meio de fertirrigação. A capacidade da vinhaça em elevar o pH do solo, já foi comprovada em estudos com cultivos mais prolongados de cana-de-açúcar, onde observou-se elevação de pH do horizonte superficial, em virtude da aplicação de corretivos e adição de vinhaça (ORLANDO FILHO et al., 1983; CAMARGO et al., 1987; SILVA e RIBEIRO, 1998).

Embora tenha havido pequena redução do pH do solo na profundidade de 5-10 cm nas áreas colhidas no início, meio e final de safra estes valores ainda não são considerados críticos para a cana-de-açúcar, pois segundo Benedini, (1998), a cana-de-açúcar é bastante tolerante à acidez e alcalinidade, seu cultivo desenvolve-se em solos com pH entre 4 e 8,5, sendo que o ideal gira em torno de 6,5, mas ressalta que a cana é pouco influenciada pelo pH, saturação de bases, saturação por alumínio e teores de alumínio trocável, porém, responde significativamente ao calcário, devido ao aumento nos teores de cálcio e magnésio no solo.

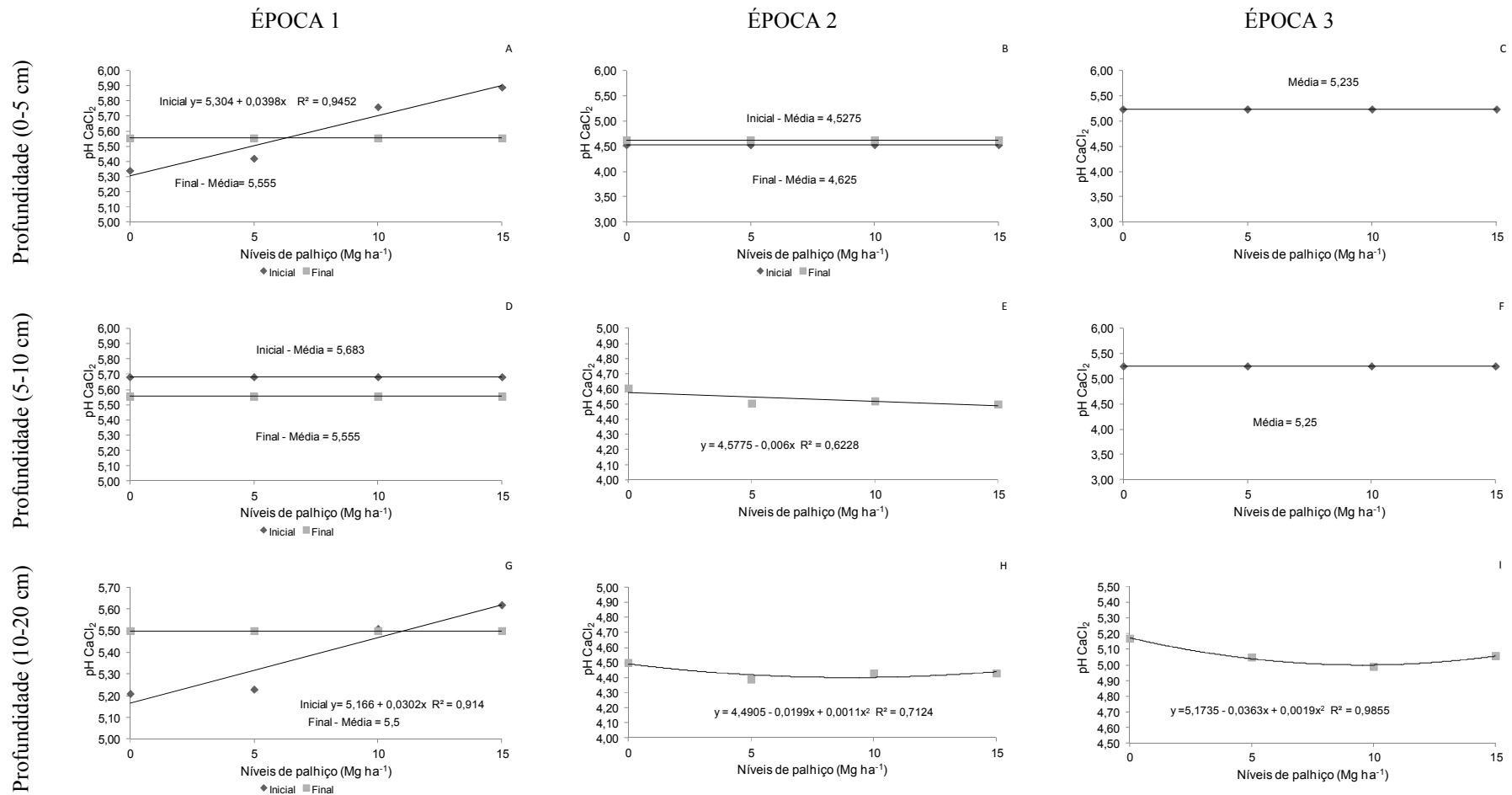


FIGURA 2. Valores de pH (CaCl_2) no solo, submetido aos respectivos níveis de palhço, para a Época 1 na profundidade de 0-5 (A), 5-10 (D), 10-20 (G), Época 2 na profundidade de 0-5 (B), 5-10 (E), 10-20 (H), Época 3 na profundidade de 0-5 (C), 5-10 (F), 10-20 (I). Dourados - MS, 2013.

TABELA 2. Valores de pH, Cálcio, Magnésio e Potássio do solo na profundidade de 0-5, 5-10, 10-20 cm, para três épocas e em duas coletas (inicial e final). Dourados, MS, 2013.

	PROFUNDIDADE (cm)	pH CaCl ₂		Cálcio		Magnésio		Potássio	
		-		(cmol _c dm ⁻³)		(cmol _c dm ⁻³)		(cmol _c dm ⁻³)	
		^{1*} Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Época 1	0-5	5,60 a	5,55 a	6,43 a	5,99 b	2,26 a	2,25 a	1,48 b	1,66 a
	5-10	5,68 a	5,56 b	6,48 a	6,12 b	2,31 a	2,26 a	1,61 a	1,49 b
	10-20	5,39 b	5,50 a	5,23 a	5,36 a	1,97 a	2,03 a	0,92 b	1,14 a
Época 2	0-5	4,53 b	4,63 a	2,29 a	2,32 a	0,79 b	0,93 a	1,57 a	1,44 b
	5-10	4,57 a	4,50 b	2,22 a	1,85 b	0,75 a	0,67 b	1,52 a	1,22 b
	10-20	4,41 b	4,46 a	1,79 a	1,61 b	0,55 a	0,55 a	1,22 a	1,06 b
Época 3	0-5	5,18 b	5,29 a	4,45 a	4,02 b	1,32 a	1,23 b	0,91 a	0,80 b
	5-10	5,32 a	5,17 b	4,42 a	3,76 b	1,32 a	1,18 b	0,80 a	0,51 b
	10-20	5,04 a	5,10 a	3,23 a	3,11 a	1,07 a	1,05 a	0,51 a	0,35 b

*¹ Inicial: coleta no momento da implantação dos tratamentos. Final: coleta após a colheita mecanizada da cana-de-açúcar depois de um ano de implantação. *² Época 1 (Cana de ciclo precoce, colhida no início da safra); época 2 (Cana de ciclo médio, colhida no meio da safra); época 3 (Cana de ciclo tardio, colhida no final da safra). Médias seguidas por letras iguais na linha, comparando avaliação (inicial e final), não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Para o teor de cálcio no solo, não houve interação significativa entre os níveis de palhicho e épocas de coletas. Analisando os valores de cálcio entre a coleta inicial e final, apenas para a avaliação da profundidade de 0-5 cm na época 2 e na profundidade de 10-20 cm de profundidade na época 1 e 3 que não houve diferença, para as demais profundidades nas épocas houve a redução dos valores de cálcio na avaliação final (Tabela 2).

Para a cana de início de safra (época 1) os níveis de palhicho influenciaram o teor de Ca na profundidade superficial do solo até 10 cm. Houve comportamento quadrático na profundidade de 0-5 cm, com o valor máximo de Ca de 6,41 cmol_c dm⁻³ de solo quando manteve-se 15 Mg ha⁻¹ de palhicho (Figura 3A), na profundidade de 5-10 cm houve comportamento cúbico com maior teor de Ca com a manutenção de 5 Mg ha⁻¹ de palhicho (Figura 3D). Não houve efeito no teor de Ca na profundidade de 10-20 cm (Figura 3G).

Na segunda época (cana de meio de safra), houve efeito dos níveis de palhicho, sobre os teores de cálcio no solo, apenas na cama de 10-20 cm, ocorrendo à redução dos teores de cálcio de forma linear, conforme se aumentou a quantidade de palhicho (Figura 3B, 3E e 3H). É importante salientar que os teores de Ca iniciais desta área estavam bem abaixo das outras áreas, mas ainda considerados altos (Tabela 1) e

que o menor valor encontrado na avaliação realizada no final dos experimentos foi de $1,61 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo na média dos níveis de palhicho (Tabela 2), ou seja, a adição de 15 Mg ha^{-1} de palhicho refletiu em maior redução no teor de cálcio, provavelmente por ter estimulado maior acúmulo de biomassa da cana (massa verde total) devido a melhoria do ambiente (temperatura e umidade), resultando em maior exportação deste nutriente do solo.

Para a cana de final de ciclo (época 3) os teores de cálcio no solo tiveram comportamento quadrático nas profundidades de 0-5 cm 5-10 cm e 10-20 cm de profundidade, em função dos níveis de palhicho (Figura 3C, 3F e 3I). Nesta área observa-se que os menores teores de Ca no solo, nas três profundidades, foi encontrado nas parcelas onde manteve-se 5 Mg ha^{-1} de palhicho sobre o solo aumentando nos níveis de 10 e 15 Mg ha^{-1} .

Em áreas sob cultivo sem queima da cana em comparação com áreas com cana queimada, Souza et al. (2012) observaram que em áreas com palhicho apresentaram maiores valores para pH, P, K, Ca, Mg, soma de bases (S) e V% e menores valores de acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$), Al^{3+} e saturação por alumínio (m%) comparado a área com queima. Os mesmos autores atribuem os maiores níveis de P, K, Ca e Mg em cana sem queima ao maior aporte de nutrientes da palhada deixada sobre o solo.

Observa-se redução no teor de cálcio com manutenção do palhicho na profundidade superficial (0-5 cm) para a época 1 e 3, na profundidade de 5-10 cm para as três épocas e na profundidade de 10-20 cm para a época 2 (Tabela 2). Mesmo com a redução são considerados altos ($>0,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) de acordo com tabela de interpretação descrita por Raij et al. (1997). Estes resultados podem ter ocorrido devido a manutenção do palhicho ter promovido melhorias no ambiente de produção (temperatura e umidade do solo) que refletiram em maior desenvolvimento da cana e maior exportação de Ca nos colmos colhidos, entretanto em apenas um ano, os teores liberados do Ca presente no palhicho residual foi abaixo da taxa de exportação.

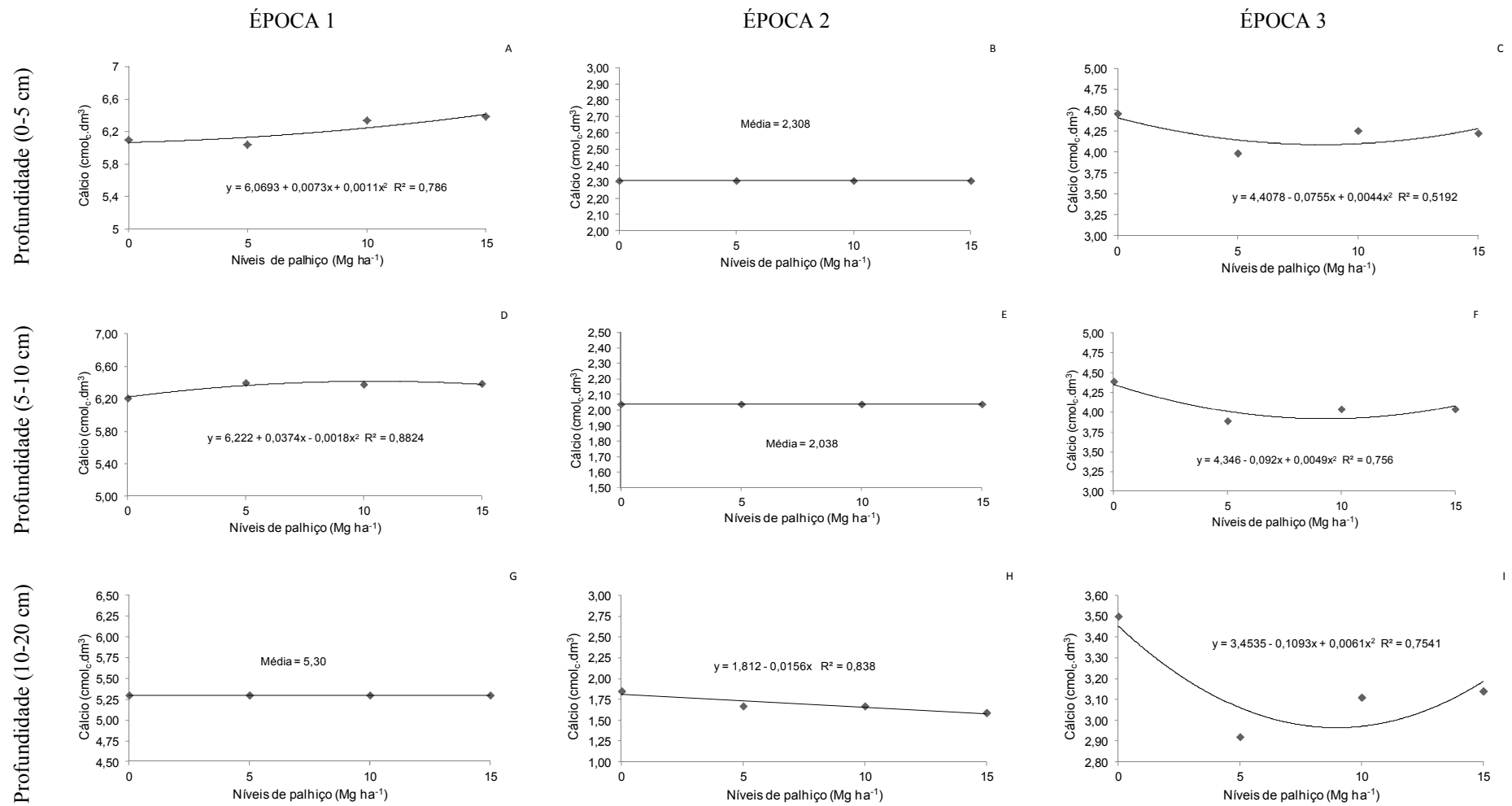


FIGURA 3. Valores de Cálcio (Ca) no solo, submetido aos respectivos níveis de palhicho, para a Época 1 na profundidade de 0-5 (A), 5-10 (D), 10-20 (G), Época 2 na profundidade de 0-5 (B), 5-10 (E), 10-20 (H), Época 3 na profundidade de 0-5 (C), 5-10 (F), 10-20 (I). Dourados - MS, 2013.

Estudos realizados por Franco et al. (2007), demonstraram que quantidades médias do Ca são liberadas no solo, onde verificaram que apenas 15 kg ha^{-1} do elemento presente no palhicho foi disponibilizado ao solo após um ciclo da cana.

O tempo de adoção do sistema com deposição da palhada é outro fator que exerce influência sobre a melhoria da fertilidade do solo (OLIVEIRA et al., 2014). Canellas et al. (2003) encontraram, em área com 55 anos de cultivo de cana, aumento nos valores de pH, P, Ca, Mg, K e V%, no solo com cana sem queima da palhada, até os 40 cm do solo.

Para o teor de magnésio (Mg) no solo, não houve interação significativa entre os níveis de palhicho e coletas para as épocas 1 e 2, bem como para a profundidade de 10-20 cm da época 3 (Figura 4). Para a época 1, observa-se que houve efeito dos níveis de palhicho sobre os teores de Mg apenas na profundidade de 0-5 cm (Figura 4A). Nas demais profundidades do solo na época 1 e em todas as profundidades de solo analisadas na época 3, não tiveram respostas significativas em função dos níveis de palhicho (Figura 4C, 4D, 4F, 4G e 4I).

Para a cana de meio de safra, ou ciclo de maturação intermediário (época 2), houve efeito quadrático dos níveis de palhicho sobre os teores de Mg (Figura 4B, 4E e 4H). Da mesma forma que o cálcio valores intermediário de palhicho remanescente (5 e 10 Mg ha^{-1}), resultaram em diminuição significativa do teor de Mg no solo, quando comparadas a testemunha sem palha.

Analisando os valores de magnésio entre a coleta inicial e final, observa-se que houve redução nos teores deste nutriente no solo na avaliação final na profundidade 0-5 cm da época 3 e na profundidade 5-10 cm da época 2 e 3. Para a época 1 não houve alteração dos valores da coleta inicial para a final (Tabela 2).

Sendo o magnésio um elemento com significativa função estrutural e como constituinte da clorofila (PRADO, 2008), juntamente com o Ca ao qual está muito vinculado. O magnésio está relacionado a muitos processos metabólicos e formando parte de moléculas essenciais como a clorofila, de maneira que está diretamente relacionado com a fotossíntese e quando o seu abastecimento não é adequado esta atividade perde capacidade e eficiência. Para a sua liberação no solo é necessário que o resíduo vegetal seja decomposto para que ocorra sua liberação para o meio e, conseqüentemente, seja disponibilizado para a cultura.

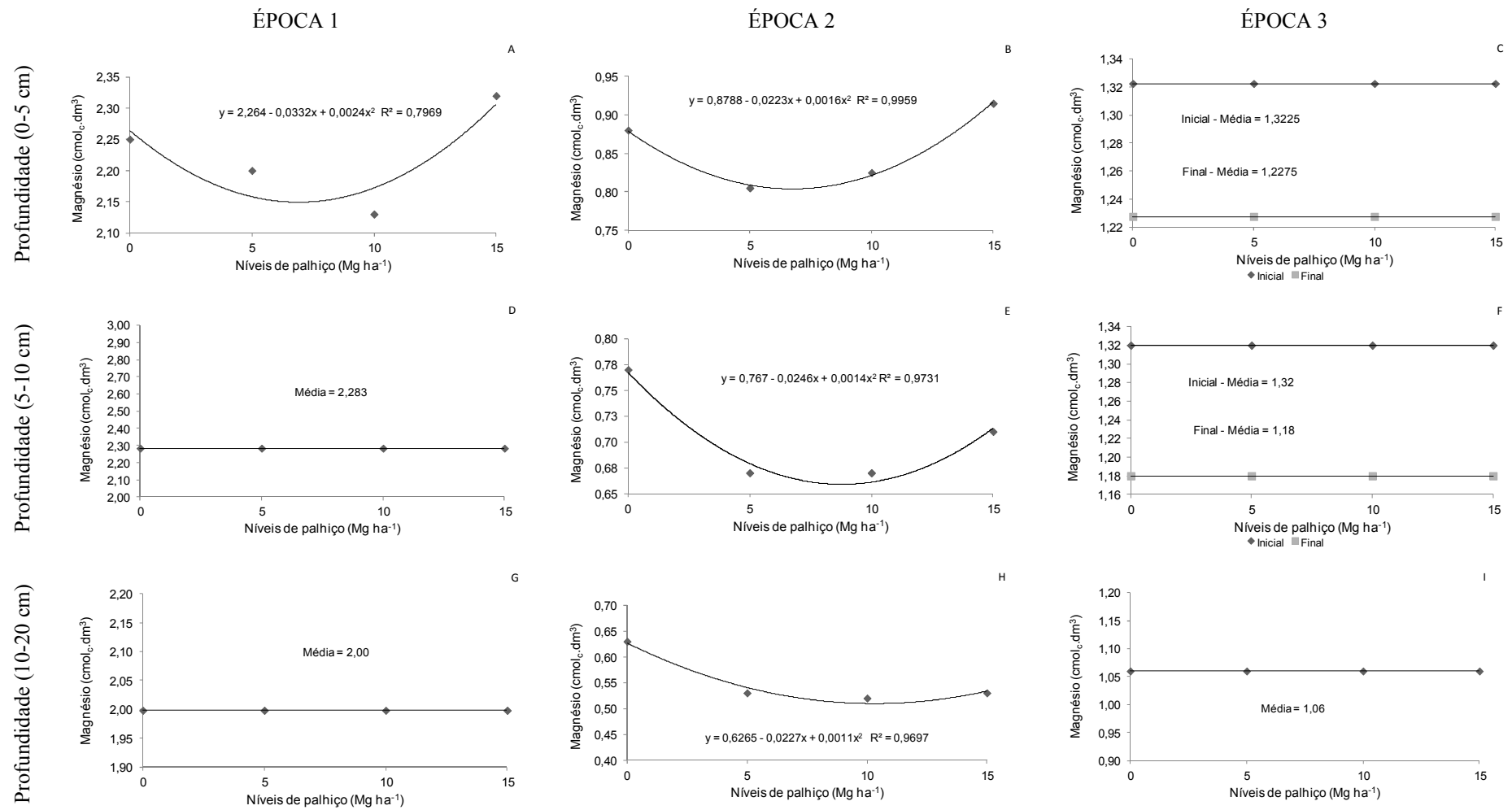


FIGURA 4. Valores de Magnésio (Mg) no solo, submetido aos respectivos níveis de palhço, para a Época 1 na profundidade de 0-5 (A), 5-10 (D), 10-20 (G), Época 2 na profundidade de 0-5 (B), 5-10 (E), 10-20 (H), Época 3 na profundidade de 0-5 (C), 5-10 (F), 10-20 (I). Dourados - MS, 2013.

Foi observado por Flores et al. (2014), que quanto maior o número de dias de decomposição, menor o teor de nutrientes magnésio na palhada, havendo, aos 360 dias, a liberação de 23% do teor total de Mg inicialmente presente na palhada.

Fortes et al. (2012) verificaram uma taxa de mineralização do magnésio de 70%, porém a palhada de cortes anteriores, com maior tempo de permanência e contato com o solo, é capaz de liberar até 82% do elemento em um ano. Spain e Hodgen (1994) identificaram uma taxa de liberação do elemento magnésio de 79% em uma condição climática mais favorável à decomposição. Oliveira et al. (1999) verificaram uma taxa de mineralização de 50% do magnésio da palhada no período de um ano, atingindo um valor de $12,8 \text{ kg ha}^{-1}$.

Comparando-se os resultados obtidos neste trabalho com os de Prado, (2008), Fortes et al. (2012) e Flores et al. (2014), percebe-se que não houve tempo hábil para a liberação total do Mg contido no palhicho em apenas um ano de avaliação e as pequenas quantidades que foram disponibilizadas ao solo não supriram toda a demanda da cultura, resultando em diminuição nos teores do solo especialmente nas épocas 2 e 3 de colheita onde os ambientes são classificados como médio e alto, respectivamente, quanto aos teores de magnésio trocável.

Analisando os teores de potássio no solo, observa-se que não houve efeito significativo dos níveis de palhicho, em todo perfil do solo avaliado para as épocas de colheita 1 (Figura 5A, 5D, 5G) e 3 (Figura 5C, 5F, 5I), e nem interação entre níveis de palhicho e avaliações, para ambos os ambientes.

A época 2 apresentou respostas significativas aos níveis de palhicho, havendo interação entre avaliações (inicial e final) e níveis de palhicho nas profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm (Figuras 4B e 5E). Houve ajuste quadrático para níveis de palhicho na avaliação inicial, nas duas profundidades, porém sem efeito significativo dos níveis de palhicho sobre o teor de potássio no solo na avaliação final (Figura 5B e 5E). Para a profundidade de solo de 10-20 cm de profundidade para a época 2, não houve interação, ocorrendo apenas respostas dos níveis de palhicho, observando-se ajuste na equação quadrática (Figura 5H).

Analisando os valores de potássio entre a coleta inicial e final, observa-se que houve redução nos teores deste nutriente no solo na avaliação final na profundidade de 5-10 cm de profundidade na época 1 e em todo o perfil do solo analisado nas épocas 2 e 3, ocorrendo o aumento dos seus teores apenas nas profundidades de 0-5 cm e 10-20 cm da época 1 (Tabela 2).

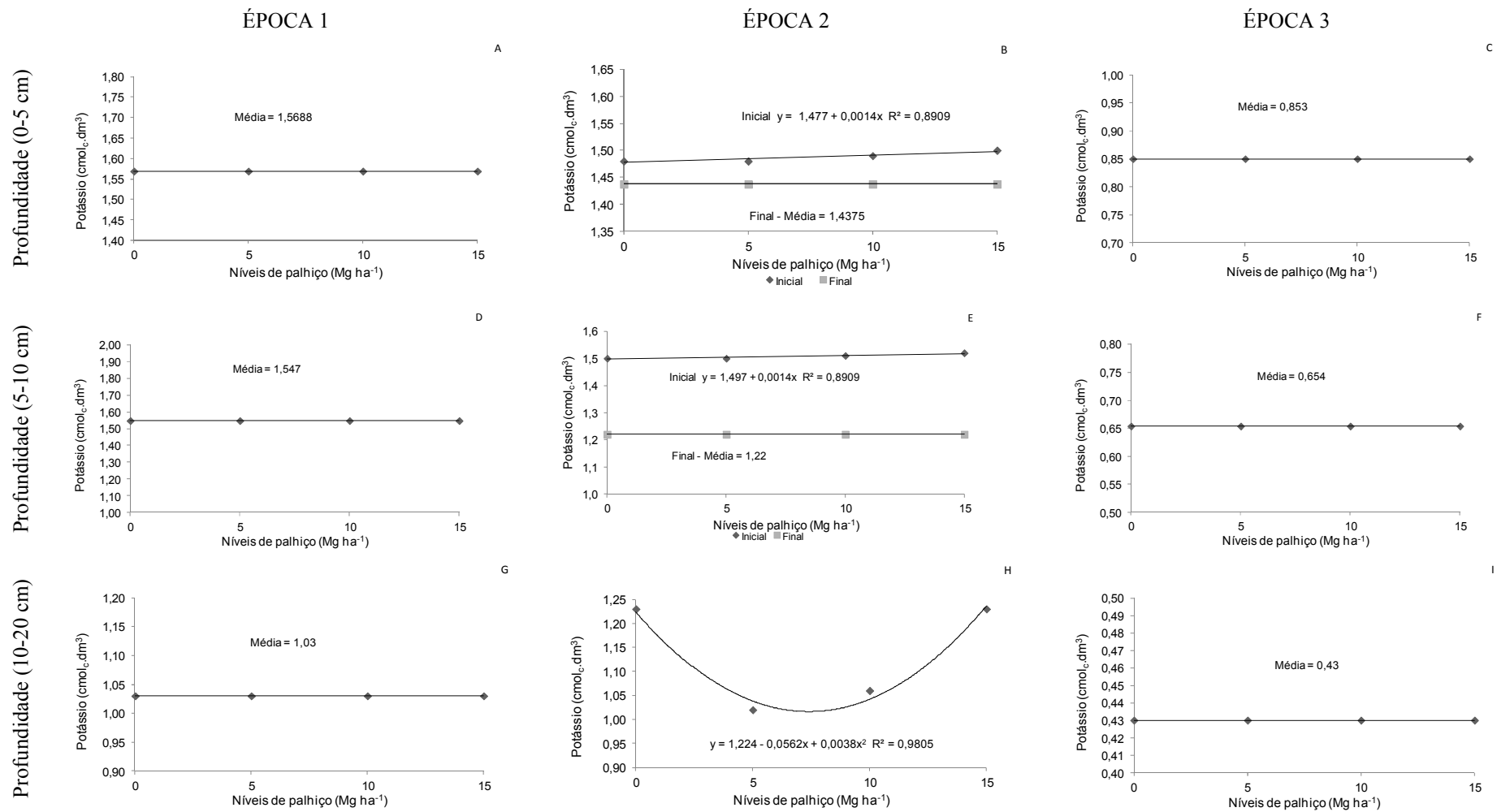


FIGURA 5. Valores de Potássio (K) no solo, submetido aos respectivos níveis de palhicho, para a Época 1 na profundidade de 0-5 (A), 5-10 (D), 10-20 (G), Época 2 na profundidade de 0-5 (B), 5-10 (E), 10-20 (H), Época 3 na profundidade de 0-5 (C), 5-10 (F), 10-20 (I). Dourados - MS, 2013.

Estes resultados de redução dos teores de K na maioria dos tratamentos estudados estão de acordo com a literatura pois segundo Otto et al. (2010), na maioria dos solos da região tropical, os teores de K normalmente são baixos (normalmente inferiores a $1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), tornando necessária a complementação desse nutriente com fertilizantes para possibilitar produtividades sustentáveis, sendo que o potássio é um dos nutrientes mais importantes para a cana, sendo o mais extraído pela cultura, principalmente pela cana soca (KORNDÖRFER e OLIVEIRA, 2005).

Outro fator a ser considerado é que para cada 100 Mg ha^{-1} de colmos de cana-de-açúcar colhidos da lavoura, são exportados cerca de 150 kg ha^{-1} de K_2O (MALAVOLTA, 1982), embora em solos com teores elevados de K a exportação pelos colmos possa atingir 285 kg ha^{-1} de K_2O (FRANCO et al., 2008).

Por ser muito móvel e não estar ligado a compostos estruturais da planta, o K passa rapidamente da palhada para o solo e poderia rapidamente ser fornecido para a soqueira de cana. Como as quantidades de K na palhada são altas, Demattê (2004) calcula que se pode deduzir o K do fertilizante na base de 40 kg de K_2O para cada 10 Mg de palha presente. Entretanto parece que esta regra não é válida para todos os ambientes de produção, pois em ambientes com teores bom e baixo, especialmente quando retirado parte do palhiço remanescente, ocorreu reduções significativas nos teores de K do solo, mesmo com adição de 360 m^3 de vinhaça, o que não é desejável pensando-se no potencial de produção e longevidade das soqueiras dos canaviais.

Para o teor de fósforo (P) no solo, não houve interação significativa entre os níveis de palhiço e coletas. Analisando os valores de P entre a coleta inicial e final, apenas para a avaliação da profundidade de 0-5 cm na época 1 e na profundidade de 10-20 cm de profundidade na época 1 e 3 que não houve diferença, para as demais profundidades nas épocas houve a redução dos valores de P na avaliação final (Tabela 3).

Analisando os efeitos dos níveis de palhiço sobre os teores de fósforo do solo até 20 cm de profundidade, observa-se que houve efeito significativo, apenas para a profundidade de 10-20 cm na época 2 (Figura 6H), para as demais épocas e profundidades não houve efeito significativo dos níveis de palhiço remanescentes (Figura 6).

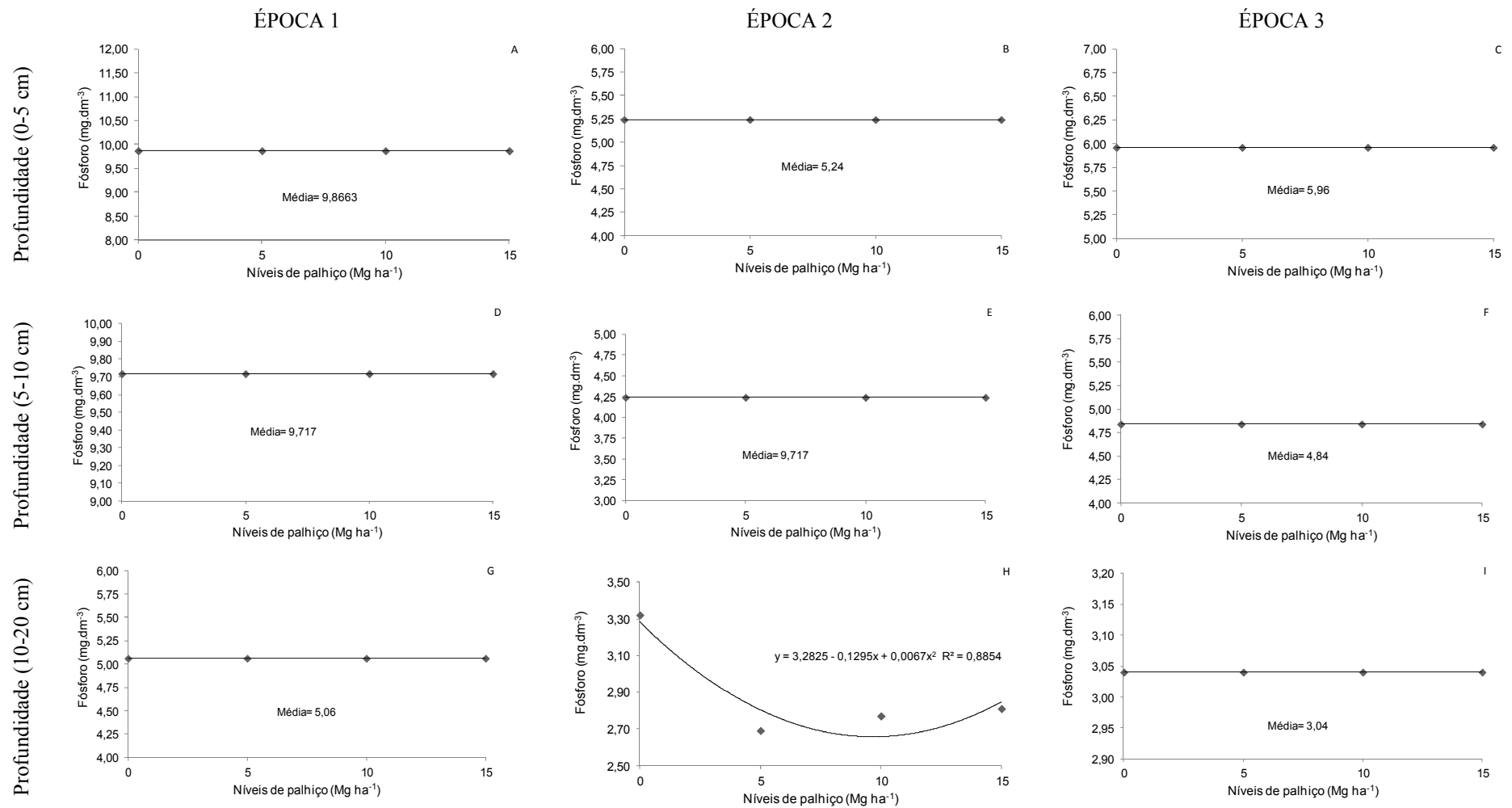


FIGURA 6. Valores de fósforo (P) no solo, submetido aos respectivos níveis de palhicho, para a Época 1 na profundidade de 0-5 (A), 5-10 (D), 10-20 (G), Época 2 na profundidade de 0-5 (B), 5-10 (E), 10-20 (H), Época 3 na profundidade de 0-5 (C), 5-10 (F), 10-20 (I). Dourados - MS, 2013.

Os níveis de palhicho não tiveram efeito devido a liberação do fósforo por meio da degradação da palhada ser baixa e lenta, conforme relata Oliveira et al. (1999). A mineralização do fósforo no solo depende da composição do material a ser decomposto, temperatura, clima, adição de fertilizantes e sistema de manejo (CÔRREA et al., 2004; FERNANDES et al., 2006; SOUZA et al., 2008).

O fósforo é um nutriente absorvido pela cana em baixa quantidade, o que contribui para sua baixa disponibilidade na palhada. Ainda, apresenta relação C:P em torno de 800:1, que dificultam a sua liberação, já que para a mineralização seria ideal valores abaixo de 200:1 (OLIVEIRA et al., 1999).

TABELA 3. Teor de fósforo, saturação de bases (V%) e matéria orgânica (MO) do solo na profundidade de 0-5, 5-10, 10-20 cm, para três épocas e em duas avaliações (inicial e final). Dourados, MS, 2013.

PROFUNDIDADE		Fósforo		V		Matéria Orgânica	
(cm)		(mg dm ⁻³)		(%)		(g Kg ⁻¹)	
		^{1*} Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Época 1	0-5	9,99 a	9,75 a	72,95 a	66,80 b	45,24 b	50,54 a
	5-10	11,05 a	8,38 b	72,91 a	67,80 b	47,13 a	45,78 a
	10-20	4,96 a	5,17 a	64,42 a	63,14 a	38,11 b	40,67 a
Época 2	0-5	5,62 a	4,87 b	37,24 a	38,52 a	35,29 b	36,77 a
	5-10	5,27 a	3,21 b	37,01 a	31,22 b	33,78 a	31,38 b
	10-20	3,34 a	2,46 b	29,60 a	28,72 a	29,58 a	28,33 a
^{2*} Época 3	0-5	6,54 a	5,39 b	62,86 a	58,33 b	37,69 a	37,32 a
	5-10	5,74 a	3,93 b	61,07 a	54,67 b	36,89 a	33,48 b
	10-20	3,26 a	2,83 a	49,30 a	47,99 a	31,28 a	30,41 a

*¹Inicial: coleta no momento da implantação dos tratamentos. Final: coleta após a colheita mecanizada da cana-de-açúcar após um ano. *²Época 1 (Cana de ciclo precoce, colhida no início da safra); época 2 (Cana de ciclo médio, colhida no meio da safra); época 3 (Cana de ciclo tardio, colhida no final da safra). Médias seguidas por letras iguais na linha, comparando avaliação (inicial e final), não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Resultados apresentados por diversos autores demonstram uma disponibilidade de 3 kg ha⁻¹ de fósforo como irrelevante na primeira safra. Observa-se que, a partir do terceiro ano, o material consiga liberar de 2 a 4 kg ha⁻¹ de fósforo, valores baixos quando considerado a necessidade deste nutriente no solo pela cana (OLIVEIRA et al., 1999; FORTES et al., 2012; FRANCO et al., 2007).

A baixa liberação de fósforo através da decomposição do palhicho explica a redução do teor de fósforo após um ano, sendo explicado pela baixa liberação devido o

curto período associado à extração da cultura durante este período, extração e exportação que podem atingir um total de 43 kg de P_2O_5 e de 210 kg de K_2O para 100 Mg de colmos (ORLANDO FILHO, 1993). Considerando-se que na área com cana precoce (nas profundidades de 0–5 cm e 5-10 cm), os teores de P no solo encontravam-se baixos, de acordo com a classe de interpretação descrita por Raij et al. (1997) e o restante das parcelas avaliadas os teores classificavam-se como muito baixos, que o incremento de P liberado pela decomposição do palhizo é pouco significativo e é prática usual nas usinas a adubação fosfatada apenas no sulco no momento do plantio, são necessários maiores estudos para caracterização da disponibilidade de fósforo nas soqueiras de cana e a viabilidade da adoção de adubação fosfatada anualmente juntamente com N e K, para manutenção do potencial produtivo, vigor do sistema radicular e longevidade das soqueiras.

Pelos resultados da análise de variância dos dados da saturação por bases (V%) no solo, pode se verificar que houve interação significativa entre os níveis de palhizo e coletas apenas para a profundidade de 0-5 cm na época 1 e 10-20 cm na época 2 (Figuras 7A e 7H). Em relação ao efeito dos níveis de palhizo no V% do solo, observa-se que apenas para a época 2 houve efeito significativo (Figura 7). Para as profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm houve ajuste quadrático na média das avaliações (Figuras 7B e 7E), e na profundidade de 10-20 cm efeito apenas na coleta inicial (Figura 7H), sendo os menos valores encontrados nas parcelas onde foram aplicados os tratamentos com 5 e 10 Mg ha⁻¹ de palhizo residual.

Analizando os valores de V% entre a coleta inicial e final, apenas para a avaliação da profundidade de 0-5 cm na época 2 e na profundidade de 10-20 cm em todas as épocas de colheita não houve diferenças, para as demais profundidades nas épocas houve a redução dos valores de V% na avaliação final (Tabela 3).

A redução do V% seguiu as respostas do cálcio, magnésio e potássio, resultados esses semelhantes aos relatos de Maia e Ribeiro (2004), que afirmam que com o tempo de cultivo da cana-de-açúcar, há redução significativa do cálcio, magnésio, saturação por bases, capacidade de troca de cátions e carbono orgânico.

Os valores de saturação por bases da época 1 e 3 estão próximos do indicado por Spironello et al. (1997) que recomendam para a cultura da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo com V% igual a 60.

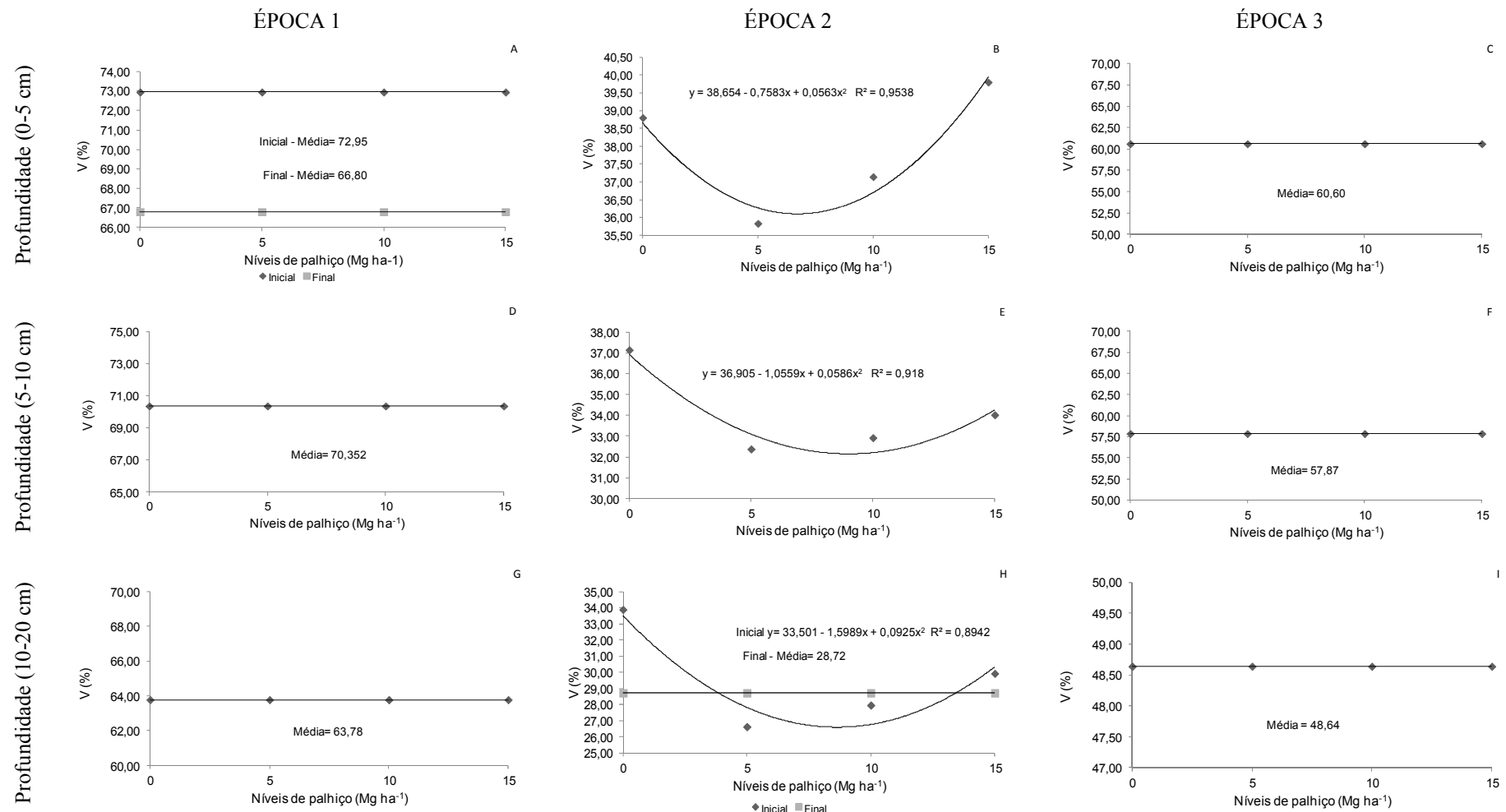


FIGURA 7. Saturação por bases (V%) no solo, submetido aos respectivos níveis de palhço, para a Époça 1 na profundidade de 0-5 (A), 5-10 (D), 10-20 (G), Époça 2 na profundidade de 0-5 (B), 5-10 (E), 10-20 (H), Époça 3 na profundidade de 0-5 (C), 5-10 (F), 10-20 (I). Dourados - MS, 2013.

Brassioli et al. (2009) avaliando o desempenho agrônomo da escória de siderurgia na cana-de-açúcar, durante cinco ciclos de produção concluíram que a maior produção acumulada de colmos está associada à saturação por bases no solo próxima de 60%. Mais uma vez evidencia-se a necessidade de calagens sobre as soqueiras ao longo do ciclo da cana, especialmente nas áreas com recolhimento do palhicho, para redução da acidez, manutenção dos níveis adequados de Ca e Mg, V%, que aliadas a outras boas práticas de manejo da cultura contribuirão para maior produção e longevidade dos canaviais.

Os teores de matéria orgânica no solo (MOS) não foram influenciados pelos níveis de palhicho na época 1 (Figura 8A, 8D e 8G) e para a época 3 (Figura 8C, 8F e 8I) e na profundidade de 0-5 cm de profundidade para a época 2 (Figura 8B). Para as profundidades de 5-10 cm e 10-20 cm na época 2, houve redução dos teores de MO conforme se aumentou os níveis de palhicho (Figura 8E e 8H).

Comparando as médias inicial e final da MO do solo na profundidade de 0-5 cm de profundidade, pode-se observar que houve aumento nos valores após 12 meses de cobertura independente dos níveis de palhicho para a época 1 e 2, enquanto que na profundidade de 5-10 cm houve redução após 12 meses e a profundidade abaixo desta apenas para a época 1 houve aumento, as demais épocas se mantiveram constantes os valores de MO (Tabela 3). Estes resultados contrariam a afirmação de que a remoção do palhicho reduz o teor de MO do solo, conforme Canelas et al. (2003) e Resende et al. (2006). Entretanto deve-se considerar que estes autores conduziram experimentos de longo prazo avaliando por 55 anos e por 14 anos divididos em dois ciclos de 1985 a 1992 e 1994 a 1999, respectivamente. Por outro lado Leme Filho (2009), avaliando os efeitos da retirada do palhicho, também não encontrou respostas positivas no incremento da MO do solo em apenas um ano de avaliação.

Mendoza et al. (2000) encontraram, após cinco anos de cultivo, pequeno aumento na fração do ácido fúlvico enquanto Canelas et al. (2003) registraram, para a área de 55 anos, acréscimo de 116% na fração do ácido fúlvico, em superfície e de 486% em subsuperfície, além do acúmulo 70 % de carbono na camada superficial do solo. Os dados nas áreas com maior tempo de preservação da palhada indicam que, com o tempo devem ocorrer condensação da fração alcalino-solúvel e acúmulo de ácidos húmicos influenciando na qualidade da MO do solo (CANELLAS et al., 2003).

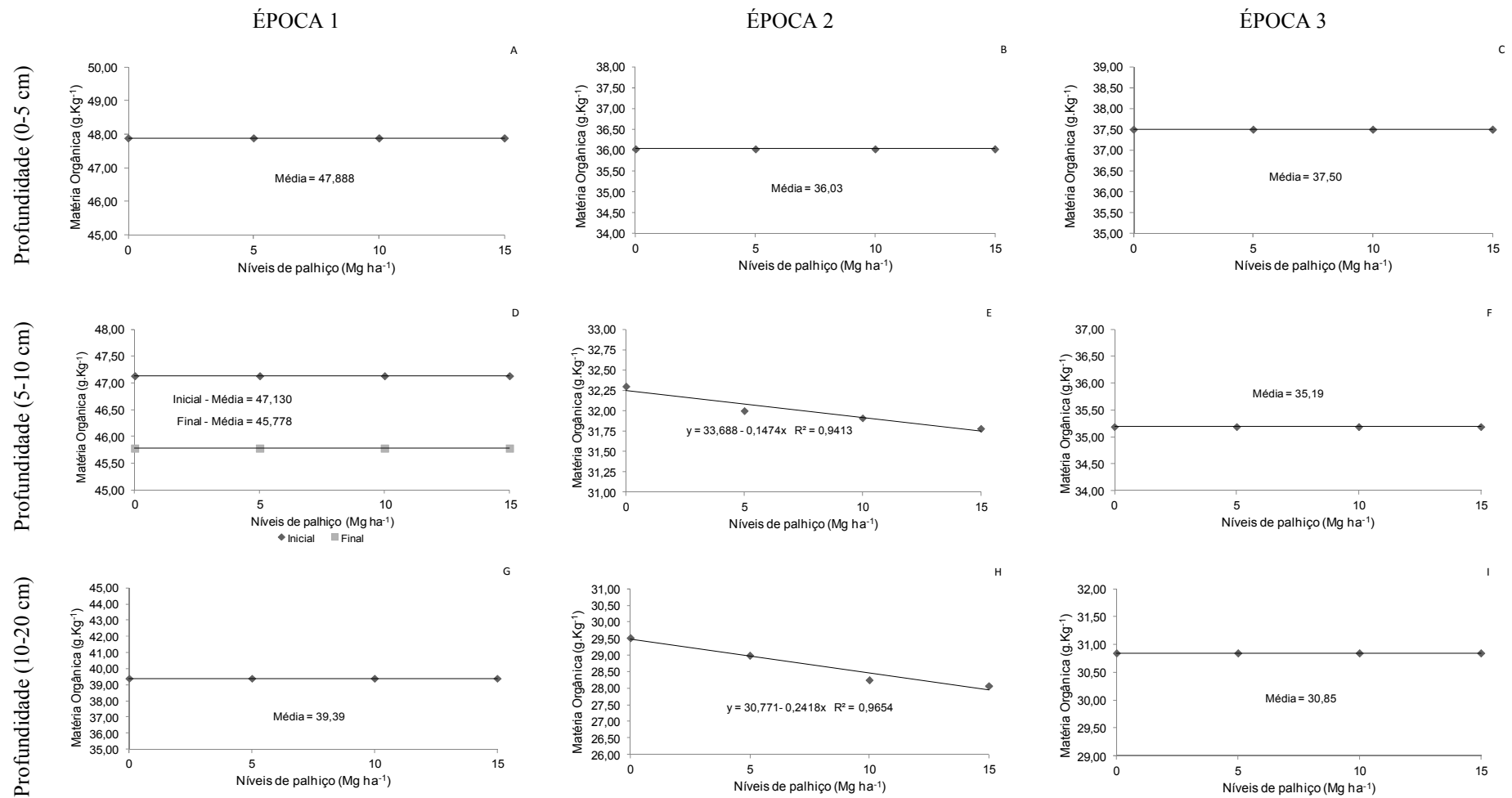


FIGURA 8. Teor de matéria orgânica no solo (MO), submetido aos respectivos níveis de palhicho, para a Época 1 na profundidade de 0-5 (A), 5-10 (D), 10-20 (G), Época 2 na profundidade de 0-5 (B), 5-10 (E), 10-20 (H), Época 3 na profundidade de 0-5 (C), 5-10 (F), 10-20 (I). Dourados - MS, 2013.

O material vegetal depositado é ainda apontado como condicionador do solo e fonte de nutrientes aumentando, então, a capacidade produtiva do solo (ROBERTSON e THORBURN, 2007; GRAHAM et al., 2002; CANELLAS et al., 2003; NOBLE et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2014).

Canellas, et al. (2007) e Cerri et al. (2011) afirmam que poucos artigos relatam os efeitos da preservação dos restos de colheita dos canaviais mostram que o sistema de colheita mecanizado de cana crua favorece o acúmulo de MO mediante o retorno ao solo de resíduos da cultura que antes eram queimados, em comparação com o sistema de produção com a queima do palhicho.

A colheita mecanizada de cana crua com manutenção da palhada sobre o solo resultou em maior concentração da MO, conforme relatado por Blair (2000). Estudos mostraram que esses efeitos ocorreram em solo muito argiloso (ORLANDO FILHO et al., 1998) e de textura média (SOUZA et al., 2005), mas não em solo muito arenoso (BALL-COELHO et al., 1993).

Embora possam ocorrer liberações para o solo, após um ano de decomposição, de 85% do K, 44% do Ca e 39% do Mg presentes na palha (ABRAMO FILHO et al., 1993; TRIVELIN et al., 1995, 1996; OLIVEIRA et al., 1999), no presente trabalho não foi observado aumento significativo desses elementos nas camadas superficiais do solo, mesmo com a adição de 15 Mg ha⁻¹ de palhicho. Esse resultado pode ser justificado por curto período de condução do experimento (uma safra) e a aplicação de 350 m³ de vinhaça nas três áreas avaliadas.

A redução da matéria orgânica observada na época 2 nas profundidades de 5-10 cm e 10-20 cm, pode talvez ser devido à maior concentração de raízes em superfície, quanto maior a quantidade de palhicho remanescente. Essa distribuição das raízes varia: com a variedade da cana, condições de umidade (diferencia-se conforme a época), o que pode explicar esse resultado ter aparecido só na época 2 (ALVAREZ; CASTRO; NOGUEIRA, 2000).

A matéria orgânica do solo é composta por; matéria orgânica estável (MOM), associada aos minerais do solo, a qual sofre pouca alteração pelas praticas de manejo; matéria orgânica particulada (MOP), corresponde a cerca de 5% da MOS (solo argiloso), e constitui a fração ativa ou lábil da MOS. Trabalhando-se com a MOS total, fica mais difícil detectar diferença devidas aos tratamentos. Além da aplicação de vinhaça no experimento ter diluído as contribuições do palhicho.

A vinhaça além de fornecer quantidades expressivas de N e K, também pode interagir com o palhicho residual, acelerando a decomposição (PENATTI, 1999; VITTI, 2007; VITTI et al., 2008).

Mesmo tendo condições ambientais favoráveis (umidade e temperatura) para a decomposição do palhicho durante o ano e a aplicação expressiva de vinhaça (fornecimento de K e aceleração da decomposição da palhada) não houve incrementos nos teores de K na camada superficial do solo que variou entre 4,3 e 15,6 mmol_c dm⁻³ considerado muito alto segundo limites de interpretação de K no solo proposto por Raij et al., (1996).

CONCLUSÕES

Não houve aumento significativo nos teores dos nutrientes avaliados nas camadas superficiais do solo, após um ano de cultivo, mesmo com a manutenção de 15 Mg ha⁻¹ de palhicho.

Não houve incremento nos valores de matéria orgânica avaliados nas camadas superficiais do solo, após um ano de cultivo, mesmo com o recolhimento total do palhicho, independente da época de colheita da cana.

Desta forma sugere-se a possibilidade de realizar o recolhimento parcial do palhicho para outros usos sem afetar os atributos químicos do solo, na safra seguinte.

A exportação de nutrientes pelas plantas de cana-de-açúcar durante o ciclo de um ano que gerou em média a produtividade de 80,5 Mg ha⁻¹ de colmo industrializável é de extrema importância, sendo composto por nutrientes que foram extraídos do solo, deixando assim de ser contabilizados na análise do solo após a colheita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMO FILHO, J.; MATSUOCA, S.; SPERANDIO, M.L.; ARCHETI, L.L.; RODRIGUES, R.C.D. Resíduo de cana crua. **Açúcar e Alcool**, Piracicaba, v.13, n.67, p.23-25, 1993.
- BALL-COELHO, B.; TIESSEN, H.; STEWART, J.W.B.; SALCEDO, I.B.; SAMPAIO, E.V.S.B. Residue management effects on sugarcane yield and soil properties in northeastern Brazil. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n.5, p.1004-1008, 1993.

BENEDINI, M.S. **Novo conceito no uso de calcário em cana-de-açúcar**. COPERSUCAR, Série Agronômica, n.16, 1ª edição, 1988. 19p.

BLAIR, N. Impact of cultivation and sugar-cane green trash management on carbon fractions and aggregate stability for a Chromic Luvisol in Queensland, Australia. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.55, n.3-4, p.183-191, 2000.

BRASSIOLI, F.B.; PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Avaliação agronômica da escória de siderurgia na cana-de-açúcar durante cinco ciclos de produção. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.381-387, 2009.

CAMARGO, M.N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J.H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, p.11-33, 1987.

CANELLAS, L.P.; BALDOTTO, M.A.; BUSATO, J.G.; MARCIANO, C.R.; MENEZES, S.C.; DA SILVA, N.M.; RUMJANEK, V.M.; VELLOSO, A.C.X.; SIMÕES, M.L.; MARTIN-NETO, L. Stocks and quality of organic matter in an inceptisol under long-term sugarcane cultivation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.2, p.331-340, 2007.

CANELLAS, L.P.; VELLOSO, A.C.X.; MARCIANO, C.R.; RAMALHO, J.F.G.P.; RUMJANEK, V.M.; REZENDE, C.E.; SANTOS, G.A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.5, p.935-944, 2003.

CARVALHO, J.M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; CARVALHO, M.P. Produtividade de cana soca sem queima em função do uso de gesso e vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v.43, n.1, p.1-9, 2013.

CAVENAGHI, A.L.; ROSSI, C.V.S.; NEGRISOLI, E.; COSTA, E.A.D.; VELINI, E.D.; TOLEDO, R.E.B. Dinâmica do herbicida amicarbazone (Dinamic) aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). **Planta Daninha**, Viçosa, v.25, n.4, p.831-837, 2007.

CERRI, C.C.; GALDOS, M.V.; MAIA, S.M.F.; BERNOUX, M.; FEIGL, B.J.; POWLSON, D.; CERRI, C.E.P. Effect of sugarcane harvesting systems on soil carbon stocks in Brazil: an examination of existing data. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v.62, n.1, p.23-28, 2011.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; CARVALHO, S.J.P.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; NICOLAI, M.; HIDALGO, E.; SILVA, J.E. Conservation of natural resources in Brazilian agriculture: implications on weed biology and management. **Crop Protection**, Guildford, v.26, n. 3, p.383-389, 2007.

CORRÊA, J.C., MAUAD, M., ROSOLEM, C.A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.12, p.1231-1237, 2004.

DEMATTE, J.L.I. Recuperação e manutenção da fertilidade dos solos. **Visão agrícola**, Piracicaba, v.1, n.1, p.48-59, 2004.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Serviço nacional de levantamento e conservação do solo. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.

ENRIQUEZ-OBREGÓN, G.A., VÁZQUEZ-PADRÓN, R.I., PRIETO-SAMSONOV, D.L., DE LA RIVA, G.A.; SELMAN-HOUSSEIN, G. Herbicide-resistant sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) plants by *Agrobacterium*-mediated transformation. **Planta**, Havana, v.206, n.1, p.20-27, 1998.

FERNANDES, M.M., PEREIRA, M.G., MAGALHÃES, L.M.S., CRUZ, A.R., GIÁCOMO, R.G. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) na flona Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n.2, p.163-175, 2006.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v.6, n.2, p.36-41, 2008.

FLORES, R.A.; PRADO, R.M.; PANCELLI, M.A.; ALMEIDA, H.J.; MODA, L.R.; BORGES, B.M.M.N.; JÚNIOR, J.P.S. Potassium nutrition in the first and second ratoon sugarcane grown in an Oxisol by a conservationist system. **Chilean Journal of Agricultural Research**, Chillán, v.74, n.1, p.83-88, 2014.

FORTES, C.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C. Long-term decomposition of sugarcane harvest residues in Sao Paulo state, Brazil. **Biomass & Bioenergy**, Oxford, v.42, p.189-198, 2012.

FRANCO, H.C.J.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C.; OTTO, R.; FARONI, C.E.; SARTORI, R.H.; TRIVELIN, M.O. Acúmulo de nutrientes pela cana-planta. **STAB Açúcar, Álcool Subpr**, Piracicaba, v.26, p.47-51, 2008.

FRANCO, H.C.J.; BOLOGNA, I.R.; FARONI, C.E.; VITTI, A.C.; TREVELIN, P.C.O. Acúmulo de macronutrientes em cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e dos resíduos culturais incorporados ao solo no plantio. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.669-674, 2007.

GRAHAM, M.H.; HAYNES, R.J.; MEYER, J.H. Soil organic matter content and quality: Effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.34, n.1, p.93-102, 2002.

GUIMARÃES, E.R.; MUTTON, M.A.; MUTTON, M.J. R.; FERRO, M.I.T.; RAVANELI, G.C.; SILVA, J.A. Free proline accumulation in sugarcane under water restriction and spittlebug infestation. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.65, n.6, p.628-633, 2008.

KORNDÖRFER, G.H.; OLIVEIRA, L.A. **O potássio na cultura da cana-de-açúcar**. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. (Eds.). Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: ESALQ/USP, 2005. p.469-490.

LAL, R.; KIMBLE, J.; FOLLETT, R.F. (Ed.). **Soil properties and their management for carbon sequestration**. Lincoln: USDA, National Soil Survey Center, 1997.150p.

LEME FILHO, J.R.A. Desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) sob diferentes formas de colheita e de manejo do palhico. Piracicaba: ESALQ/USP, 2009. 111p. Tese Doutorado.

LUCA, E.F.; FELLER, C.; CERRI, C.C.; BARTHÈS, B.; CHAPLOT, V.; CAMPOS, D.C.; MANECHINI, C. Avaliação de atributos físicos e estoques de carbono e nitrogênio em solos com queima e sem queima de canavial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.2, p. 789-800, 2008.

MAIA, J.L.T. e RIBEIRO, M.R. Cultivo contínuo da cana-de-açúcar e modificações químicas de um Argissolo Amarelo fragipânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1127-1132, 2004.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 1980. 215 p.

MALAVOLTA, E. **Potássio, magnésio e enxofre nos solos e culturas brasileiras**. 3.ed. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato; Instituto Internacional da Potassa, 1982. 162p.

MALAVOLTA, E. **Importância da adubação na qualidade dos produtos –função dos nutrientes na planta**. In: SÁ, M. E.; BUZZETI, S. Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas. São Paulo, Editora Ícone, 1994. p.19-44.

MARTINS, D.; VELINI, E.D.; MARTINS, C.C.; SOUZA, L.S. Emergência em campo de dicotiledôneas infestantes em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v.17, n.1, p.151-161, 1999.

MARTINS FILHOS, M.V.; LICCIOTI, T.T.; PEREIRA, G.T.; MARQUES JÚNIOR, J.; SANCHEZ, R.B. Perdas de solo e nutrientes por erosão num Argissolo com resíduos vegetais de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.8-18, 2009.

MATSUOKA, S. Variedades de cana de açúcar: minimizando riscos e adoção. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.17, n.1, p.18-19, 1998.

MENDOZA, H.N.S.; LIMA, E.; ANJOS, L.H.C.; SILVA, L.A.; CEDDIA, M.B.; ANTUNES, M.V.M. Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.1, p.201-207, 2000.

NG KEE KWONG, K.F.; DEVILLE, J. Residual fertilizer nitrogen as influenced by timing and nitrogen forms in a silty clay soil under sugarcane Mauritius. **Fertilizer Research**, Netherlands, v.14, n.3, p.219-226, 1987.

NOBLE, A.D.; MOODY, P.; BERTHELSEN, S. Influence of changed management of sugarcane on some soil chemical properties in the humid wet tropics of north Queensland. **Australian Journal Soil Research**, v.41, n.6, p.133-144, 2003.

OLIVEIRA, A.P.P.; LIMA, E.; ANJOS, L.H.C.; ZONTA, E.; PEREIRA, M.G. Sistemas de colheita da cana-de-açúcar: conhecimento atual sobre modificações em atributos de solos de tabuleiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.9, p.939-947, 2014.

OLIVEIRA, M.W.; TRIVELIN, P.C.O.; GAVA, G.J.C.; PENATTI, C.P. Degradação da palhada de cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.4, p.803-809, 1999.

OLIVEIRA, M.W.; TRIVELIN, P.C.O.; PENATTI, C.P.; PICCOLO, M.C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.12, p.2359-2362, 1999.

ORLANDO FILHO, J. **Calagem e adubação da cana-de-açúcar**. In: CÂMARA, G.M.S. & OLIVEIRA, E.A.M. (eds.). Produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: FEALQ/USP, 1993. p.133-146.

ORLANDO FILHO, J.; ROSSETO, R.; MURAOKA, T.; ZOTELLI, H.B. Efeitos do sistema de despalha (cana crua x cana queimada) sobre algumas propriedades do solo. **STAB-Açúcar, Álcool Subprodutos**, Piracicaba, v.16, n.6, p.30-34, 1998.

ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELO JUNIOR, E.; AGUIARO, R.; ROSSETO, A.J. Efeito da aplicação prolongada de vinhaça nas propriedades químicas dos solos com cana-de-açúcar. Estudo Exploratório. **STAB-Açúcar, Álcool Subprodutos**, Piracicaba, v.1, n.1, p.28-33, 1983.

OTTO, R.; VITTI, G.C.; LUZ, P.H.C. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.4, p.1137-1145, 2010.

PAULA, M.; PEREIRA, F.A.R.; ARIAS, E.R.A.; SCHEEREN, B.R.; SOUZA, C.C.; MATA, D.S. Fixação de carbono e a emissão dos gases de efeito estufa na exploração da cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.3, p.633-640, 2010.

PENATTI, C.P. **Avaliação nutricional em cana colhida sem a queima da palha**. Relatório Interno Copersucar-RT974. Copersucar, Piracicaba-SP, 1999. 36p.

PINHEIRO, E.F.M.; LIMA, E.; CEDDIA, M.B.; URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. Impact of pre-harvest burning versus trash conservation on soil carbon and nitrogen stocks on a sugarcane plantation in the Brazilian Atlantic forest region. **Plant and Soil**, Hague, v.333, n.1-2, p.71-80, 2010.

PRADO, R.M. **Manual de nutrição de plantas forrageiras**. Jaboticabal: FUNEP, 2008. 500 p.

RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H. **Outras culturas industriais**. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. (coord.) Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. p.233-236.

RESENDE, A.S; XAVIER, R.P.; OLIVEIRA, O.C.; URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. Long-term effects of pre-harvest burning and nitrogen and vinasse applications on yield of sugar cane and soil carbon and nitrogen stocks on a plantation in Pernambuco, N. E. Brazil. **Plant and Soil**, Hague, v.281, n.1-2, p.339-351, 2006.

ROBERTSON, F. A.; THORBURN, P.J. Management of sugarcane harvest residues: consequences for soil carbon and nitrogen. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.45, n.1, p.13-23, 2007.

ROSSETO, R.; DIAS, F.L.; VITTI, C.F. **Fertilidade do solo e adubação**. In: DINARCO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Eds.). Cana-de-Açúcar. Campinas: IAC, p.221-237, 2008.

SILVA, A.J.N.; RIBEIRO, M.R. Características de um Latossolo Amarelo sob cultivo contínuo da cana-de-açúcar no Estado de Alagoas: propriedades químicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.2, p.291-299, 1998.

SILVA, F.C. (Ed.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370 p.

SILVA, J.R.V.; COSTA, N.V.; MARTINS, D. Efeito da palhada de cultivares de cana-de-açúcar na emergência de *Cyperus rotundus*. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.3, p.375-380, 2003.

SIQUEIRA, J.O. e FRANCO, A.A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília, Mec, Abeas, Esal, Faepe, 1988. 236p.

SPAIN, A.V.; HODGEN, M.J. Changes in the composition of sugarcane harvest residues during decomposition as a surface mulch. **Biology and fertility of soils**, Heidelberg, v.17, n.3, p.225-231, 1994.

SOUZA, E.D., COSTA, S.E.V.G.A., LIMA, C.V.S., ANGHINONI, I., MEURER, E.J., CARVALHO, P.C.A. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.3, p.1273-1282, 2008.

SOUZA, Z.M.; PRADO, R.M.; PAIXÃO, A.C.S.; CESARIN, L.G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.3, p.271-278, 2005.

SOUZA, R.A.; TELLES, T.S.; MACHADO, W.; HUNGRIA, M.; TAVARES FILHO, J.; GUIMARÃES, M.F. Effects of sugarcane harvesting with burning on the chemical and microbiological properties of the soil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.155, p.1-6, 2012.

SPAIN, A.V.; HODGEN, M.J. Changes in the composition of sugarcane harvest residues during decomposition as a surface mulch. **Biology and fertility of soils**, v.17, n.3, p.225-231, 1994.

SPIRONELLO, A.; RAIJ, B. VAN.; PENATTI, C.P.; CANTARELLA, H.; MORELLI, J.L.M.; ORLANDO FILHO, J.; LANDELL, M.G.A.; ROSSETO, R. **Outras culturas industriais**. In: RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, (Boletim técnico, 100), 1997. p.237-239.

TRIVELIN, P.C.O.; RODRIGUES, J.C.S.; VICTORIA, R.L. Utilização por soqueira de cana-de-açúcar de início de safra do nitrogênio da aquamônia-¹⁵N e uréia-¹⁵N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.2, p.89-99, 1996.

TRIVELIN, P.C.O.; VICTORIA, R.L.; RODRIGUES, J.C.S. Aproveitamento por soqueira de cana-de-açúcar de final de safra do nitrogênio da aquamônia-¹⁵N e uréia-¹⁵N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.12, p.1375-1385, 1995.

TRIVELIN, P.C.O., OLIVEIRA, M.W. VITTI, A.C., GAVA, G.J.C. e BENDASSOLL, J.A. Perdas do nitrogênio da uréia no sistema solo-planta em dois ciclos de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.2, p.193-201, 2002.

VIDAL, R.A.; THEISEN, G. Efeito da cobertura morta do solo sobre a mortalidade de sementes de capimarmelada em duas profundidades no solo. **Planta Daninha**, v.17, n.3, p.339-344, 1999.

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A. **Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar**. Piracicaba: POTAFOS, 2002. 16p. (Informações Agrônomicas, 97).

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A. **Aspectos importantes no manejo da cana-de-açúcar**. Piracicaba-SP: FERTIZA/CEA, 1998. 3 p. (Folder Técnico).

VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; CANTARELLA, H.; FRANCO, H.C.J.; FARONI, C. E.; OTTO, R.; TRIVELIN, M.O.; TOVAJAR, J.G. Mineralização da palhada e

crescimento de raízes de cana-de-açúcar relacionados com a adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n. esp, p.2757-2762, 2008.

VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; GAVA, G.J.C.; PENATTI, C.P.; BOLOGNA, I.R.; FARONI, C.E.; FRANCO, H.C.J. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio residual da adubação e do sistema radicular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.2, p.249-256, 2007.

6. ARTIGO 3

NÍVEIS DE PALHIÇO SOBRE ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM ÁREA CULTIVADA COM CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO

Práticas conservacionistas como o cultivo de cana-de-açúcar sem queima buscam entre outros benefícios a preservação do solo, porém, alterações nas propriedades físicas continuam sendo observadas, sendo a causa destas alterações neste sistema de cultivo, normalmente atribuída ao tráfego intenso de máquinas agrícolas. Objetivou-se com este trabalho avaliar os atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférrico submetido a níveis de palhiço como cobertura do solo em épocas de colheita da cana-de-açúcar em Dourados-MS. As áreas experimentais foram conduzidas sobre cana-soca de terceiro corte colhidas em três épocas distintas: época 1 (Início de safra, variedade RB 855156 com ciclo de maturação precoce; época 2 (Meio de safra, variedade RB 835486 com ciclo de maturação intermediário) e época 3 (Final de safra, variedade RB 835054 com ciclo de maturação tardio). Em cada época de colheita foram estabelecidos quatro níveis de palhiço residual (0; 5; 10 e 15 Mg ha⁻¹) como cobertura do solo. As amostras de solo indeformadas foram coletadas nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-15 e 15-20 cm, e a resistência do solo à penetração até 40 cm de profundidade, após a colheita da cana-de-açúcar, no momento da instalação do experimento (inicial), e após 12 meses, depois da colheita final da cana (final). Foram realizadas as seguintes determinações: densidade, macro e microporosidade do solo, porosidade total e resistência do solo à penetração. Para as três épocas avaliadas, as parcelas com resíduos de palhiço distribuídos na superfície do solo pela colheita mecânica de cana crua ocorreu redução na densidade, microporosidade e porosidade total do solo e aumento da macroporosidade do solo, após um ano de avaliação. Os valores de densidade do solo foram elevados, mas sem impeditivos ao crescimento da planta; nas três épocas de colheita e em todos os níveis de palhiço avaliadas. A quantidade de resíduos vegetais distribuídos na superfície do solo não apresentaram diferença para a resistência à penetração do solo, após um ano de avaliação.

Palavras-Chave: *Saccharum spp.*, palhada, porosidade do solo, cobertura do solo, colheita mecanizada.

LEVELS OF STRAW ON SOIL PHYSICAL PROPERTIES IN AREA CULTIVATED WITH SUGARCANE

ABSTRACT

Conservation practices such as no burning sugarcane cultivation look for among other benefits soil preservation, however, changes in the physical properties continue to be observed, being the cause of these changes in the cropping system, usually attributed to the heavy farm machinery traffic. The objective of this study was to evaluate the physical attributes of an Oxisol Haplorthox subjected to levels of straw as ground cover at harvest period of sugarcane in Dourados-MS. The experimental areas were conducted on cane ratoon third cut harvested in three different times: Time 1 (Early harvest, variety RB 855 156 with early maturing cycle, time 2 (crop medium, variety RB 835486 with intermediate maturity cycle) and time 3 (Final crop, variety RB 835 054 with late maturation cycle) each harvest season were established four levels of residual straw. (0, 5, 10 and 15 Mg ha⁻¹) as ground cover. The undisturbed soil samples were collected at depths of 0-5; 5-10; 10-15 and 15-20 cm, and the soil penetration resistance up to 40 cm deep, after harvesting of sugarcane at the moment of experiment setup (initial) and after 12 months after the harvest end of sugarcane (final). The following decisions were realized: density, macro and soil microporosity, total porosity and soil resistance to penetration. For the three periods evaluated, the parcels with straw waste spread on the surface of the soil by mechanical harvesting of raw cane occurred a reduction in density, microporosity and total soil porosity and increased soil macroporosity, after a year of assessment. Soil density values were high, but without hindering the growth of the plant; the three harvest times and in all evaluated straw levels. The amount of vegetable waste spread on the soil surface did not differ for the soil resistance to penetration, after a year of assessment.

Keywords: *Saccharum spp.*, cane trash, soil porosity, ground cover, mechanical harvesting.

INTRODUÇÃO

A colheita mecanizada gera como resíduo uma camada de palhico com espessura aproximada de 8 a 12 cm sobre o solo, o que pode contribuir para a redução da compactação superficial e da erosão (PAULA et al., 2010).

A quantidade ideal de palha que precisa ser mantida no solo vai ser dependente de uma série de fatores. Em determinadas épocas do ano o canavial necessita de maior quantidade de palha no solo, visando proteção contra erosão, suprimento de nutrientes, proteção contra a incidência direta da radiação solar no solo, retenção de umidade e redução da incidência de plantas daninhas. Somado a isto, observa-se que a taxa de decomposição da palha é diferente dependendo da época da colheita do canavial e das características climáticas do local (CERRI et al., 2011).

Na cultura da cana-de-açúcar no Brasil, as novas técnicas desde o plantio até a colheita utilizam, cada vez mais, a mecanização intensa das áreas produtivas (GARBIATE et al., 2014). A utilização de equipamentos pesados e mecanização excessiva, realizadas em condições de umidade inadequada, vêm causando sérios problemas de compactação do solo com prejuízo ao desenvolvimento das plantas (SILVA e RIBEIRO, 1992; ROQUE et al., 2001; SILVA e CABEDA, 2006; CASTRO et al., 2013). Nesse caso, é necessário conhecer os estados de compactação que reduzem o crescimento do sistema radicular das plantas, visando o uso do solo de forma eficiente e sustentável, minimizando os efeitos adversos da compactação do solo (BERGAMIN et al., 2010).

O tráfego de tratores, transbordo, caminhões e colhedoras de forma repetitiva e não sistematizada em áreas de colheita de cana crua causam uma intensa degradação dos atributos físicos do solo, induz a mudanças no comportamento das partículas dos seus agregados, ocasionando a deterioração de sua estrutura provocando, assim, o processo de compactação (IAIA et al., 2006), problema que se agrava quando o solo é trabalhado com um conteúdo de água elevado, inadequado para as atividades agrícolas (SILVA e CABEDA, 2006).

A menor movimentação do solo nas soqueiras e a colheita de cana sem queima podem constituir práticas conservacionistas, por outro lado, o tráfego de colhedora e de veículo de transbordo pode ser fonte de compactação e desarranjo da estrutura do solo, com consequente aumento de resistência ao crescimento radicular e

redução de macroporosidade e aeração do solo. A qualidade química e biológica é afetada pela desestruturação física do solo, com reflexos na produtividade da cultura e nos aspectos ambientais da produção (PACHECO e CANTALICE, 2011; VASCONCELOS et al., 2012; ARAÚJO et al., 2013).

Centurion et al. (2007) descrevem densidades que vão de $1,03 \text{ g cm}^{-3}$ para mata nativa a $1,39 \text{ g cm}^{-3}$ para canavial de 4º corte. Castro et al. (2013), observaram que no decorrer do tempo em uma mesma área com a cultura da cana-de-açúcar sem renovação do canavial, tem-se o aumento considerável na densidade do solo. Este aumento da densidade do solo foi atribuído ao tráfego de máquinas e aplicação de vinhaça por Paulino et al. (2011).

Estudando dois sistemas de colheita, crua mecanizada e queimada manual, e seu efeito sobre o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea de socas de cana-de-açúcar, Vasconcelos (2002) verificou que a alteração do sistema de colheita da cana queimada manual para cana crua mecanizada reduz a amplitude térmica do solo, aumenta o teor de água e de matéria orgânica no solo. O elevado tráfego de máquinas e veículos de transbordo causou aumento da densidade do solo até a profundidade de 0,40 m.

Por outro lado, em estudo sobre o efeito de resíduos vegetais na superfície e o carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio de Proctor, (BRAIDA et al., 2006) afirmaram que a palhada é capaz de absorver parte da energia de compactação produzida pelo trânsito de máquinas. Tal observação corrobora a relatada por (CEDDIA et al., 1999), que analisaram diferentes sistemas de manejo de colheita de cana em solo de textura arenosa e por (GARBIATE et al., 2011), que encontraram maiores valores de densidade em áreas de cana-de-açúcar, sob colheita mecanizada com queima prévia do canavial em comparação a sistemas de colheita mecanizada, sem queima prévia.

Faz-se necessário ter conhecimento aprofundado sobre os benefícios do palhicho no campo que permita decidir sobre a relação ideal entre palha no solo/palha removida, principalmente nas áreas de expansão da cana-de-açúcar onde os resultados ainda são escassos, de forma a melhor contribuir com a sustentabilidade do setor.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade de alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférrico submetido a níveis de palhicho como cobertura do solo em épocas de colheita mecanizada da cana-de-açúcar crua.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área experimental da Usina São Fernando Açúcar e Álcool, no município de Dourados-MS, localizada nas coordenadas geográficas 22°16'21" de latitude sul e 54°55'55 de longitude oeste com altitude de 434 m. O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen. As precipitações pluviométricas mensais durante a condução do experimento são apresentadas na Figura 1, e foram obtidas na estação meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste – Dourados, MS.

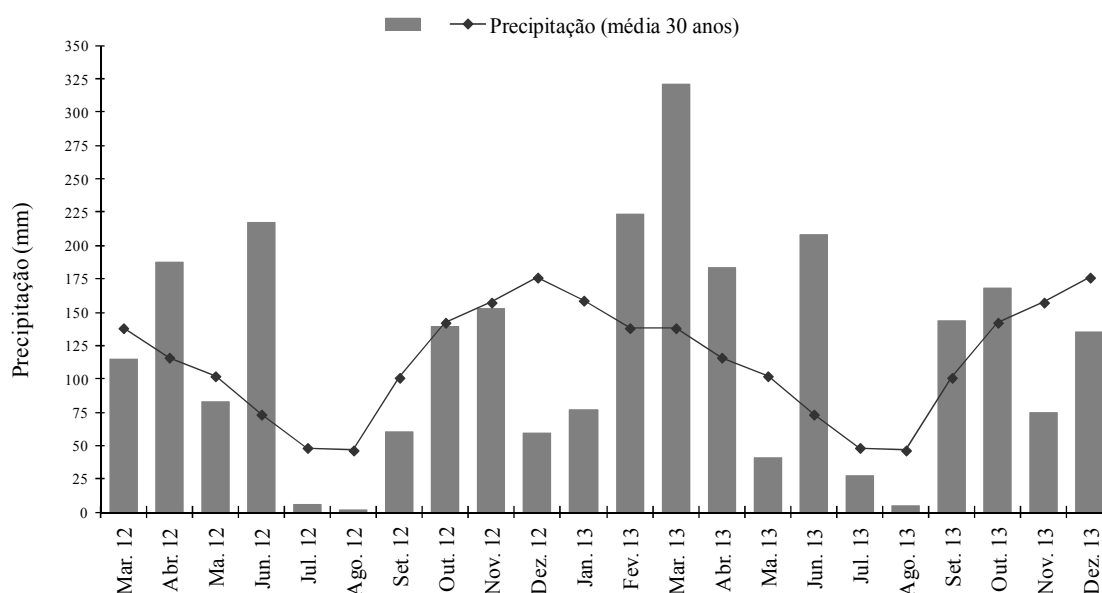


FIGURA 1. Precipitação pluviométrica mensais nas safras 2012 e 2013 e médias histórica da precipitação.

O solo das três áreas onde foi conduzido o experimento foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf). Os resultados das análises químicas e textural dos solos, para caracterização das áreas experimentais são apresentados na Tabela 1.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados (DBC), com experimento montado em parcelas subdivididas, com quatro níveis de palhço (0; 5; 10 e 15 Mg ha⁻¹ de massa seca) e duas coletas (inicial e final) com 5 repetições, para cada área experimental (época de colheita). As áreas experimentais foram conduzidas com cana-soca que havia passado pelo terceiro corte para as três épocas, após a colheita

mecanizada de cana crua foram demarcadas as áreas para instalação dos experimentos. É o primeiro ciclo de cana-de-açúcar realizando na área sendo anteriormente manejado com pastagem para pecuária de corte.

O experimento foi constituído de três épocas de colheita (Época 1 (Cana de ciclo precoce, colhida no início da safra); época 2 (Cana de ciclo médio, colhida no meio da safra); época 3 (Cana de ciclo tardio, colhida no final da safra), foram considerados três experimentos, conduzidas em áreas separadas), cada época com uma variedade diferente de cana-de-açúcar em função do ciclo de maturação. Na área colhida na primeira época, em 02/05/2012, cultivou-se a variedade de ciclo precoce RB 855156, estabeleceu-se os níveis de palhicho 09/05/2012. As amostragens de solo foram realizadas em 08/05/2012 (inicial) e em 23/05/2013 (final), 12 meses após estabelecer os níveis de palhicho.

TABELA 1. Análises do solo das áreas de cana-de-açúcar, sob colheita mecanizada de cana crua, na Usina São Fernando Açúcar e Álcool, Dourados-MS.

PROFUNDIDADE		pH	Ca	Mg	H+Al	K	P (Mehlich ⁻¹)	SB	CTC	V	M.O.	Argila	Silte	Areia
(cm)		CaCl ₂	cmolc dm ⁻³				mg dm ⁻³	cmolc dm ⁻³		(%)	g Kg ⁻¹			
Época 1	0-5	5,58	6,22	2,25	4,27	1,56	9,72	10,03	14,30	69,88	47,89	666,00	150,00	184,00
	5-10	5,62	6,30	2,28	4,22	1,55	9,72	10,13	14,35	70,35	46,45	666,00	150,00	184,00
	10-20	5,45	5,30	2,00	5,45	1,03	5,06	8,33	13,78	63,28	39,39	682,00	134,00	184,00
Época 2	0-5	4,58	2,31	0,86	7,76	1,50	5,57	4,67	12,43	37,88	36,03	558,00	184,00	258,00
	5-10	4,53	2,04	0,71	8,16	1,37	4,24	4,11	12,28	34,11	32,58	558,00	184,00	258,00
	10-20	4,44	1,70	0,55	8,47	1,14	2,90	3,39	11,86	29,16	28,95	576,00	166,00	258,00
Época 3	0-5	5,24	4,23	1,27	4,14	0,85	5,96	6,36	10,50	60,60	37,06	624,00	165,00	211,00
	5-10	5,25	4,09	1,25	4,32	0,65	4,84	5,99	10,31	57,87	35,19	624,00	165,00	211,00
	10-20	5,07	3,17	1,06	4,88	0,43	3,04	4,66	9,54	48,64	30,85	635,00	158,00	207,00

Época 1 (Cana de ciclo precoce, colhida no início da safra); época 2 (Cana de ciclo médio, colhida no meio da safra); época 3 (Cana de ciclo tardio, colhida no final da safra).

Na área colhida na segunda época, em 08/08/2012, cultivou-se a variedade de ciclo de maturação intermediário RB 835486, estabeleceu-se os níveis de palhicho 15/08/2012. As amostragens de solo foram realizadas em 16/08/2012 (inicial) e em 19/08/2013 (final), 12 meses após estabelecer os níveis de palhicho.

Na área colhida na terceira época, em 20/11/2012, cultivou-se a variedade de ciclo de maturação tardio RB 835054, estabeleceu-se os níveis de palhicho em 27/11/2012. As amostragens de solo foram realizadas em 28/11/2012 (inicial) e em 17/09/2013 (final), 9,5 meses após estabelecer os níveis de palhicho. A colheita teve que ser antecipada neste talhão devido as fortes geadas que causaram a morte total do canavial.

Após a colheita realizada no início do experimento, para cada época, antes da aplicação dos tratamentos, amostras de palhiço foram levadas para laboratório e determinado a umidade, posteriormente foi avaliada a quantidade de palhiço na área, sendo encontrados valores de 15,20 Mg ha⁻¹ na época 1, de 18,64 Mg ha⁻¹ na época 2 e de 17,10 Mg ha⁻¹ na época 3 de massa seca. O palhiço foi retirado totalmente da área e retornado com valores da massa seca estipulado para cada parcela.

Em cada área experimental foram estabelecidos quatro níveis de palhiço (0; 5; 10 e 15 Mg ha⁻¹ de massa seca), em blocos completos casualizados, com 5 repetições. Após a instalação dos tratamentos, a área experimental recebeu os mesmos manejos das áreas comerciais da Usina. Controle de plantas daninhas por meio de aplicação de herbicidas e capina manual. Adubação realizada com 380 kg ha⁻¹ de Nitrato de amônio e 360 m³ ha⁻¹ de vinhaça por meio de fertirrigação, divididas em três aplicações de 120 m³ ha⁻¹ com intervalo entre 3 a 5 dias entre as aplicações.

As parcelas foram constituídas de seis linhas de cana com 15 metros de comprimento. Todas as amostragens foram feitas unicamente nas quatro linhas centrais de cada parcela, estabelecendo-se as linhas mais externas (1 e 6) assim como um metro de cada extremidade como bordaduras.

As amostras com estrutura preservada foram coletadas em todas as parcelas experimentais, na entrelinha a 20 cm da linha da soqueira, em cilindros metálicos (anéis volumétricos) com 5,57 cm de diâmetro e 5 cm de altura, nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-15 e 15-20 cm, após a colheita da cana-de-açúcar no momento da instalação do experimento (inicial) e após a colheita da cana-de-açúcar 12 meses depois da instalação (final). Após a coleta, as amostras de solo foram encaminhadas ao laboratório para as determinações.

Após o preparo das amostras, essas foram saturadas por meio da elevação gradual de uma lâmina de água até atingirem cerca de 2/3 da altura do anel e realizado o procedimento para obtenção da macroporosidade, microporosidade e porosidade total pelo método da mesa de tensão, conforme descrito em Embrapa (1997).

Após a determinação da macroporosidade, as amostras foram levadas à estufa a 105°C, por 48 horas, para determinar a umidade volumétrica e densidade do solo pelo método do anel volumétrico. A densidade do solo foi obtida empregando-se a relação massa seca do solo e volume total da amostra e os resultados expressos em g cm⁻³. A porosidade total foi obtida como proposto por Embrapa (1997).

A resistência do solo à penetração (RP) foi determinada empregando-se um penetrômetro eletrônico Falker PLG 1020, com sistema de aquisição automático de dados até a profundidade de 0,40 m, realizando-se cinco repetições por parcela. A velocidade de penetração da haste foi mantida em 30 mm s⁻¹, de acordo com a instrumentação do aparelho. Foi utilizado cone com diâmetro de 12,83 mm e ângulo de penetração de 30°. Juntamente com as determinações de RP foram realizadas amostragens de solo com auxílio de um trado holandês nas profundidades de 0-10; 10-20; 20-30 e 30-40 cm para determinação da umidade gravimétrica do solo como proposto em Embrapa (2011).

Não houve diferenças para os teores de umidade do solo entre os níveis de palhicho e avaliações (Tabela 2).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram feitas com o auxílio do programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2008).

TABELA 2. Valores médios de umidade gravimétrica do solo (U%) nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm, para três épocas. Dourados-MS, 2013.

Níveis de palhicho		PROFUNDIDADE (cm)			
Mg ha ⁻¹		0-10	10-20	20-30	30-40
		Umidade do solo (U%)			
Época 1	0	28,43	28,57	28,59	28,59
	5	28,79	28,60	28,60	28,62
	10	31,96	32,10	32,13	32,10
	15	31,49	31,78	31,68	31,75
Época 2	0	28,97	28,85	28,88	28,82
	5	30,84	30,40	30,62	30,48
	10	30,62	30,70	30,74	30,73
	15	30,92	31,00	31,03	30,98
Época 3	0	29,21	29,35	29,45	29,39
	5	30,55	30,67	30,86	30,74
	10	31,43	31,52	31,43	31,48
	15	32,37	32,24	32,11	32,08

*²Época 1 (Cana de ciclo precoce, colhida no início da safra); época 2 (Cana de ciclo médio, colhida no meio da safra); época 3 (Cana de ciclo tardio, colhida no final da safra).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade do solo na área colhida no início da safra (época 1) teve efeito dos níveis de palhicho aplicadas sobre o solo em todas as profundidades avaliadas (Tabela 3). Não houve interação entre níveis de palhicho e momento em que as avaliações foram realizadas em todas as profundidades avaliadas (Tabela 3), porém houve redução nas densidades do solo em todas as profundidades quando compara-se a média dos níveis de palhicho na avaliação inicial e final (12 meses após a aplicação dos níveis de palhicho) (Tabela 3).

Para a área colhida no meio da safra (época 2) houve efeito isolado de palhicho na profundidade de 5-10 cm sendo a retirada total do palhicho resultou em maior densidade do solo e ainda ocorreu a redução da densidade após um ano na profundidade de 15-20 cm na média dos níveis de palhicho (Tabela 3). A análise conjunta de níveis de palhicho e avaliações na profundidade de 15-20 cm da época 2, demonstra que houve redução da densidade da avaliação inicial para a final apenas para 10 Mg ha⁻¹ de palhicho, os demais níveis não tiveram diferença, assim como não ocorreu diferença entre os níveis na avaliação inicial e final (Tabela 3).

Na área colhida no final da safra (época 3) houve interação entre as níveis de palhicho e avaliações para a profundidade de 0-5 e 15-20 cm, demonstrando que houve redução da densidade, da avaliação inicial para a final quando retirado todo o palhicho nas duas profundidade, porém, quando adicionado 15 Mg ha⁻¹ de palhicho, aumentou a densidade do solo após um ano, na profundidade de 15-20 cm (Tabela 3). Observa-se ainda que para a avaliação final na profundidade de 15 a 20 cm na época 3 o nível de 15 Mg ha⁻¹ de palhicho teve a maior densidade do solo (Tabela 3).

Embora existam vários relatos nas referencias que sistemas com pouco revolvimento do solo e tráfego de máquinas pesadas, como no caso da colheita mecanizada sem queima da cana-de-açúcar, promovem o aumento da densidade do solo de até 0,30 m de profundidade (HAKANSSON e VOORHEES, 1997; FLOWERS e LAL, 1998), neste trabalho não se observou efeito dos tratos culturais e colheita da cana em área colhida no meio de safra (época 2). Já nas áreas colhidas no início (época 1) e final (época 3) de safra observou-se a redução da densidade do solo nas camadas superficiais do solo. Estes resultados podem estar associados a dois fatores, o primeiro deles foi respeitar o teor de umidade do solo adequado para a entrada dos maquinários para realizar os tratos culturais e a colheita e o segundo, embora não tenha sido

detectado o efeito direto dos níveis de palhço neste parâmetro a contribuição da palhada na melhoria do ambiente de produção o que pode ter contribuído para o maior desenvolvimento do sistema radicular da cana e isto ter se refletido sobre a densidade do solo. Segundo Alvarez; Castro; Nogueira (2000) relatam que em áreas de cana crua há maior acúmulo de raízes em superfície devido a maior umidade em solo coberto com palha.

TABELA 3. Valores médios de densidade do solo (g cm⁻³) nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm, para três épocas e em duas avaliações (inicial e final). Dourados-MS, 2013.

Níveis de palhço		PROFUNDIDADE (cm)							
Mg ha ⁻¹		0-5		5-10		10-15		15-20	
		¹ Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Época 1	0	1,47	1,35	1,49	1,41	1,42	1,36	1,33	1,30
	5	1,48	1,42	1,52	1,44	1,45	1,38	1,37	1,34
	10	1,49	1,44	1,50	1,48	1,48	1,42	1,37	1,37
	15	1,50	1,44	1,50	1,46	1,42	1,40	1,37	1,34
	Média	1,49 a	1,41 b	1,50 a	1,45 b	1,44 a	1,39 b	1,36 a	1,33 b
Época 2	0	1,42	1,38	1,46	1,40	1,39	1,35	1,35 Aa	1,29 Aa
	5	1,36	1,38	1,39	1,41	1,34	1,36	1,31 Aa	1,33 Aa
	10	1,36	1,39	1,35	1,37	1,31	1,32	1,36 Aa	1,27 Ab
	15	1,37	1,36	1,37	1,36	1,35	1,37	1,32 Aa	1,28 Aa
	Média	1,38	1,38	1,39	1,39	1,35	1,35	1,34 a	1,29 b
² Época 3	0	1,39 Aa	1,31 Ab	1,41	1,33	1,40	1,32	1,33 Aa	1,24 Bb
	5	1,34 Aa	1,36 Aa	1,42	1,40	1,39	1,34	1,33 Aa	1,28 ABa
	10	1,40 Aa	1,43 Aa	1,42	1,39	1,36	1,34	1,30 Aa	1,27 ABa
	15	1,35 Aa	1,39 Aa	1,41	1,42	1,37	1,36	1,29 Ab	1,35 Aa
	Média	1,37	1,37	1,41 a	1,38 b	1,38 a	1,34 b	1,31 a	1,29 b

^{*1} Inicial: coleta no momento da implantação dos tratamentos; Final: coleta após a colheita mecanizada da cana-de-açúcar após um ano. ^{*2}Época 1 (Cana de ciclo precoce, colhida no início da safra); época 2 (Cana de ciclo médio, colhida no meio da safra); época 3 (Cana de ciclo tardio, colhida no final da safra). Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna, comparando níveis de palhço em cada avaliação (inicial e final) e minúscula na linha, comparando avaliação em cada nível de palhço e as avaliações na média dos níveis de palhço para cada época, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Braida et al. (2006) avaliando o efeito da matéria orgânica do solo, produzida por manejos de solo e resíduos orgânicos, sobre a curva de compactação e a capacidade dos resíduos vegetais em dissipar a energia compactante resultante do trânsito de máquinas e animais sobre o solo, concluíram que o valor da densidade de solo decresce com a quantidade de palha que permanece na superfície do solo. O

mesmo resultado não foi observado neste trabalho, sendo que as maiores quantidades teve a maior densidade do solo, entretanto deve-se ressaltar que o presente estudo foi conduzido por apenas uma safra.

O solo com cobertura de palhiço pode minimizar o efeito do tráfego de colhedoras de cana, pois suporta maiores pressões, em comparação com aqueles que não apresentam resíduos vegetais de colheita (SHUKLA et al., 2003; LADO et al., 2004; GARBIATE et al., 2011), enquanto que a palhada da cana depositada sobre o solo atenua as cargas aplicadas e dissipa em até 30% a energia de compactação (BRAIDA et al., 2006), entretanto, estes efeitos parecem não ter efeito imediato na densidade de solos de textura argilosa, conforme constatado nas três áreas avaliadas neste estudo.

Reinert et al. (2001), de maneira generalizada, propõem os seguintes valores críticos de densidade do solo, caracterizando um solo como compactado: $1,45 \text{ Mg m}^{-3}$ para solos com mais de 550 g kg^{-1} de argila; $1,55 \text{ Mg m}^{-3}$ para solos entre 200 e 550 g kg^{-1} de argila e $1,65 \text{ Mg m}^{-3}$ para solos com menos de 200 g kg^{-1} de argila.

Castro et al. (2013) relatam que solos com cana de 5º corte apresentam elevada densidade do solo, chegando a valores superiores a $1,5 \text{ g cm}^{-3}$, isso pode-se remeter a problemas de aeração. Valor superior aos encontrados neste trabalho, que também são considerados altos, porém, abaixo dos níveis considerados limitantes as plantas, por Reinert et al. (2001), para as épocas 2 e 3 e atingido os maiores níveis para a época 1, (solo com $671,33 \text{ g kg}^{-1}$ de argila), que pode ser classificado como compactado segundo Reinert et al. (2001).

Observa-se que na época 1 as densidades do solo nas profundidades de 0-5 e 10-15 cm encontravam-se acima do nível crítico ($1,45 \text{ Mg m}^{-3}$) na avaliação inicial, sendo que houve redução para valores abaixo do nível considerado limitante após 12 meses para todos os níveis de palhiço aplicadas, embora tenha sido estatisticamente significativo apenas na média dos tratamentos (Tabela 3).

Centurion et al. (2007) descrevem densidades que vão de $1,03 \text{ g cm}^{-3}$ para mata nativa a $1,39 \text{ g cm}^{-3}$ para canavial de 4º corte. Castro et al. (2013), observaram que no decorrer do tempo em uma mesma área com a cultura da cana-de-açúcar sem renovação do canavial, tem-se o aumento considerável na densidade do solo. Este aumento da densidade do solo foi atribuído ao tráfego de máquinas e aplicação de vinhaça por Paulino et al. (2011).

Para os valores de macroporosidade observa-se que para a época 1 não houve interação entre níveis de palhiço e avaliações, tendo efeito nas avaliações para a

profundidade de 0-5 e 10-15 cm, nas quais aumentou os valores de macroporosidade da avaliação inicial para a final (Tabela 4).

Observa-se que para a época 2 houve efeito isolado para avaliação na profundidade de 0-5 cm de profundidade, tendo reduzido a macroporosidade após um ano. Para as profundidades de 5-10 cm e 15-20 cm houve interação entre níveis de palhicho e avaliações, onde se observa que houve redução da avaliação inicial para final para o nível de 5 Mg ha⁻¹ de palhicho, para os demais níveis não houve efeito (Tabela 4).

Os níveis de palhicho não diferiram entre si nos valores de macroporosidade para a época 3 nas profundidades avaliadas. Observa-se que houve aumento de macroporos após 9,5 meses de condução do experimento, na área colhida no final da safra, nas profundidades de 5-10, 10-15 e 15- 20 cm, assim como para os níveis de 0, 5 e 10 Mg ha⁻¹ de palhicho na profundidade de 15-20 cm (Tabela 4).

TABELA 4. Valores médios de macroporosidade do solo (%) nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm, para três épocas e em duas avaliações (inicial e final). Dourados-MS, 2013.

Níveis de palhicho Mg ha ⁻¹		PROFUNDIDADE (cm)							
		0-5		5-10		10-15		15-20	
		^{1*} Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Época 1	0	5,28	6,92	5,61	6,84	6,90	7,62	8,45	8,32
	5	4,41	5,13	4,37	5,21	5,52	6,54	6,63	7,66
	10	4,62	6,17	4,79	4,99	5,08	6,37	6,83	6,62
	15	3,89	4,98	5,47	5,47	6,39	7,07	7,48	8,08
	Média	4,55 b	5,80 a	5,06	5,63	5,97 b	6,90 a	7,35	7,67
Época 2	0	8,52	6,60	7,44 Aa	6,94 Aa	8,41	7,63	8,97 Aa	8,91 Aa
	5	10,53	8,04	9,86 Aa	7,12 Ab	9,82	8,13	10,02 Aa	7,84 Ab
	10	9,40	7,06	9,02 Aa	8,41 Aa	9,22	9,02	8,7 Aa	9,82 Aa
	15	8,91	9,61	7,15 Aa	8,43 Aa	7,24	8,97	7,8 Aa	9,29 Aa
	Média	9,34 a	7,83 b	8,37	7,73	8,67	8,44	8,87	8,97
^{2*} Época 3	0	7,93	9,51	5,59	8,54	5,03	7,65	6,35 Ab	9,72 Aa
	5	10,26	8,29	6,61	6,63	5,93	7,41	6,20 Ab	8,54 Aa
	10	6,58	7,73	4,50	7,22	6,01	8,31	7,05 Ab	10,07 Aa
	15	7,89	8,79	5,33	6,72	5,93	6,91	7,59 Aa	8,22 Aa
	Média	8,17	8,58	5,64 b	7,28 a	5,725 b	7,57 a	6,80 b	9,14 a

^{1*} Inicial: coleta no momento da implantação dos tratamentos; Final: coleta após a colheita mecanizada da cana-de-açúcar após um ano. ^{2*}Época 1 (Cana de ciclo precoce, colhida no início da safra); época 2 (Cana de ciclo médio, colhida no meio da safra); época 3 (Cana de ciclo tardio, colhida no final da safra). Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna, comparando níveis de palhicho em cada avaliação (inicial e final) e minúscula na linha, comparando avaliação em cada nível de palhicho e as avaliações na média dos níveis de palhicho para cada época, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Os valores apresentados para cana de 5º corte (6,5%) estão próximos dos apresentados por Castro et al. (2013), que relatam valores de macroporosidade em solo sob cultivo com cana de 5º corte de 6,5%, observando que há indício de que solos com constante cultivo podem atingir uma condição de compactação.

Com o passar dos anos a macroporosidade tendeu a diminuir e a microporosidade a aumentar em canaviais de diferentes anos de cultivo (CASTRO et al., 2013; CENTURION et al., 2007), resultado não se repetiu neste trabalho, cujos valores de macroporosidade do solo aumentaram após um ano de cultivo. Deve-se considerar que a macroporosidade é o atributo físico mais afetado pelo cultivo contínuo de cana-de-açúcar (CARVALHO et al., 1991; SOUZA et al., 2005).

A microporosidade teve valores menores na avaliação final em todas as profundidades para as épocas 1 e 3 e na profundidade de 15-20 cm para a época 2. Para as níveis de palhiço observa-se que houve efeito benéfico em todas as profundidades da época 1, tendo os menores valores de microporos nas parcelas sem palha. Para a época 2 houve efeito dos níveis de palhiço apenas nas profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm, nas quais a maior nível de palhiço (15 Mg ha⁻¹) teve os menores valores de microporosidade (Tabela 5).

Houve interação entre os níveis de palhiço e as avaliações para a época 1 nas profundidades de 10-15 cm e 15-20 cm, onde reduziu os valores de microporos em todas os níveis testados após um ano. Para a época 2 houve interação entre os níveis de palhiço e as avaliações nas profundidades de 5-10 cm e 15-20 cm reduzindo a microporosidade do solo após um ano nas parcelas onde houve a retirada total do palhiço. O mesmo se repetiu para a época 3 nas profundidades 5-10 cm e 15-20 cm (Tabela 5).

Os resultados de redução percentual da microporosidade (entre 41,16 e 46,08 % da porosidade total) e aumento da macroporosidade (entre 3,89 e 10,02 % da porosidade total) indicam que vem ocorrendo uma alteração gradativa dos atributos físicos do solo nas áreas avaliadas neste experimento, pois além de aumentar a macroporosidade ocorreu de forma geral uma diminuição da microporosidade. A relação micro/macroporosidade obtida neste trabalho também foi superior a indicada como ideal por Carvalho et al. (2014), que testando sistemas de preparos de solo observaram que a relação micro/macroporosidade obtida variou entre 2,03:1 para 6,41:1 nos diferentes sistemas.

TABELA 5. Valores médios de microporosidade do solo (%) nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm, para três épocas e em duas avaliações (inicial e final). Dourados-MS, 2013.

Níveis de palhicho Mg ha ⁻¹		PROFUNDIDADE (cm)							
		0-5		5-10		10-15		15-20	
		^{1*} Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Época 1	0	44,88	43,45	44,55	41,40	44,36 Aa	41,42 Ab	44,38 Aa	41,16 Bb
	5	46,90	43,79	46,13	43,31	45,75 Aa	42,41 Ab	45,33 Aa	43,4 ABb
	10	46,66	43,75	46,08	43,30	45,88 Aa	43,01 Ab	45,05 Aa	44,19 Aa
	15	46,87	45,12	45,99	43,45	45,44 Aa	42,99 Ab	45,73 Aa	43,45 ABb
	Média	46,33 a	44,03 b	45,69 a	42,87 b	45,36 a	42,46 b	45,12 a	43,05 b
Época 2	0	44,07	44,79	44,75 Aa	43,19 Ab	44,54	43,32	44,94 Aa	43,56 Ab
	5	43,37	44,29	43,46 Aa	44,11 Aa	43,66	43,16	43,72 Aa	44,15 Aa
	10	42,55	43,74	42,68 Aa	42,75 Aa	42,71	42,55	43,60 Aa	43,15 Aa
	15	43,02	42,84	43,22 Aa	42,47 Aa	44,12	38,69	44,21 Aa	43,61 Aa
	Média	43,25	43,92	43,53	43,13	43,76	41,93	44,12 a	43,62 b
2* Época 3	0	43,79	41,64	44,69 Aa	41,65 Ab	45,78 Aa	42,63 Ab	45,91 Aa	41,67 Ba
	5	43,07	42,18	44,28 Aa	43,3 Aa	44,8 Aa	43,47 Aa	45,06 Aa	43,25 ABa
	10	43,96	43,17	44,88 Aa	42,56 Ab	44,6 Aa	43,29 Aa	45,35 Aa	43,15 ABa
	15	43,56	43,31	43,81 Aa	43,75 Aa	44,88 Aa	44,47 Aa	44,74 Aa	44,35 Aa
	Média	43,60 a	42,58 b	44,42 a	42,82 b	45,02 a	43,47 b	45,27 a	43,11 b

*¹ Inicial: coleta no momento da implantação dos tratamentos; Final: coleta após a colheita mecanizada da cana-de-açúcar após um ano. *²Época 1 (Cana de ciclo precoce, colhida no início da safra); época 2 (Cana de ciclo médio, colhida no meio da safra); época 3 (Cana de ciclo tardio, colhida no final da safra). Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna, comparando níveis de palhicho em cada avaliação (inicial e final) e minúscula na linha, comparando avaliação em cada nível de palhicho e as avaliações na média os níveis de palhicho para cada época, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Em condições adequadas para o bom desenvolvimento das culturas é citados a relação de 2:1 (KIEHL, 1979; LAL, 1999; BRADY e WEIL, 2002). A baixa macroporosidade e alta relação micro/macroporosidade indicam falta de aeração no solo o que pode comprometer a produtividade e longevidade dos canaviais.

A microporosidade do solo é fortemente influenciada pela textura e pelo teor de C orgânico (SILVA e KAY, 1997), e ainda segundo Maia e Ribeiro (2004), o uso contínuo do solo com o cultivo de cana-de-açúcar causa um expressivo aumento da microporosidade. Este se deve à intensa utilização de máquinas comprimindo os poros, (OLIVEIRA et al., 1983; SILVA e RIBEIRO, 1997), como é o caso das áreas avaliadas que na avaliação final do experimento já vinham sendo cultivadas e colhidas por quatro anos consecutivos, com recolhimento parcial do palhicho e sem uso de escarificação nas entrelinhas das soqueiras.

Comparando as avaliações inicial e final, na média dos níveis, observa-se que após um ano houve redução da porosidade total em todas as profundidades avaliadas na época 1 (Tabela 6), da mesma forma que ocorreu para microporos (Tabela

5) e densidade do solo (Tabela 3). Esta redução ocorreu também na época 2 nas profundidades de 5-10 e 10-15 cm (Tabela 6).

Houve interação entre os níveis de palhço e as avaliações para a época 1, nas profundidades de 5-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm, onde nas duas primeiras profundidades reduziu os valores de microporos para todas os níveis testados. Na última profundidade, para o menor e maior nível, teve redução da porosidade total após um ano (Tabela 6). Para a época 2, houve interação entre os níveis de palhço e as avaliações, nas profundidades de 5-10 cm, tendo reduzido os valores de microporos para todos os níveis testados e, na profundidade de 15-20 cm, para o nível de 5 Mg ha⁻¹ ocorreu a redução da microporosidade do solo após um ano. O mesmo se repetiu para a época 3, na profundidades de 0-5 cm (Tabela 6).

TABELA 6. Valores médios de porosidade total do solo (%) nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm, para três épocas e em duas avaliações (inicial e final). Dourados-MS, 2013.

Níveis de palhço Mg ha ⁻¹		PROFUNDIDADE (cm)							
		0-5		5-10		10-15		15-20	
		¹ Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Época 1	0	50,15	50,37	50,16 Aa	48,25 Ab	51,26 Aa	49,04 Ab	52,83 Aa	49,48 Ab
	5	51,31	48,92	50,50 Aa	48,52 Ab	51,27 Aa	48,95 Ab	51,95 Aa	51,06 Aa
	10	51,29	49,92	50,87 Aa	48,30 Ab	50,95 Aa	49,38 Ab	51,87 Aa	50,82 Aa
	15	50,76	50,10	51,45 Aa	49,01 Ab	51,84 Aa	50,06 Ab	53,21 Aa	51,53 Ab
	Média	50,88 a	49,83 b	50,75 a	48,52 b	51,33 a	49,36 b	52,47 a	50,72 b
Época 2	0	52,59	51,39	52,19 Aa	50,14 Ab	52,95	50,95	53,91 Aa	52,48 Aa
	5	53,90	53,34	53,33 Aa	51,23 Ab	53,48	51,29	53,73 Aa	51,98 Ab
	10	51,95	50,80	51,70 Aa	51,16 Ab	51,92	51,57	52,3 Aa	52,97 Aa
	15	51,93	52,45	50,38 Aa	50,90 Ab	51,35	47,65	52,01 Aa	52,9 Aa
	Média	52,59	52,00	51,90 a	50,86 b	52,43 a	50,37 b	52,99	52,58
2* Época 3	0	51,71 Aa	51,55 Aa	50,28	50,19	50,81	50,29	52,26	51,39
	5	53,34 Aa	50,47 Ab	50,89	49,93	50,73	50,87	51,26	51,78
	10	50,54 Aa	50,90 Aa	49,88	49,78	50,58	51,60	52,40	53,23
	15	51,45 Aa	52,09 Aa	49,14	50,47	50,81	51,37	52,33	52,58
	Média	51,76	51,25	50,05	50,09	50,73	51,03	52,06	52,25

*¹ Inicial: coleta no momento da implantação dos tratamentos; Final: coleta após a colheita mecanizada da cana-de-açúcar após um ano. *²Época 1 (Cana de ciclo precoce, colhida no início da safra); época 2 (Cana de ciclo médio, colhida no meio da safra); época 3 (Cana de ciclo tardio, colhida no final da safra). Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna, comparando níveis de palhço em cada avaliação (inicial e final) e minúscula na linha, comparando avaliação em cada nível de palhço e as avaliações na média dos níveis de palhço para cada época, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

O efeito de vários anos de cultivo de cana-de-açúcar foi observado por Silva e Ribeiro (1997) e Souza et al., (2006), que concluíram que, nos solos com maior tempo de cultivo, a porosidade diminuía afetada pelo manejo. Mesmo sendo apenas um ano de

cultivo, ocorreu a redução da porosidade para a época 1 em todas as profundidades avaliadas e para a época 2 nas profundidades de 5-10 cm e 10-20 cm, sem efeito os níveis de palhicho testadas.

Não houve diferenças para os teores de umidade do solo entre os tratamentos e avaliações (Tabela 2). Fator importante na comparação de valores de resistência à penetração, já que, os teores de umidade interferem fortemente nos resultados de resistência do solo à penetração (COLET et al., 2009).

Os níveis de palhicho testados não influenciaram a resistência a penetração do solo (RP) para as épocas 1 e 2 em todas as profundidades e nas profundidades de 10-20, 20-30 e 30-40 cm para a época 3 (Tabela 7).

Os níveis de palhicho tiveram efeito significativo apenas para a época 3, colhida no final da safra, na profundidade de 0-10 cm, conforme aumentou o nível de palhicho reduziu a RP (Tabela 7).

Comparando as avaliações inicial e final, na média dos níveis, observa-se que após um ano houve redução na RP para a época 1 na profundidade de 0-10 cm. Para a época 2 em todas as profundidades houve aumento nos valores de RP da avaliação inicial para a final. O mesmo ocorreu para a época 3 nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm (Tabela 7).

Valores acima de 2 MPa encontrados nas profundidades abaixo de 10 cm são considerados altos para Latossolos de acordo com Silva et al. (2000), tendo este valor, sido aceito como limite crítico para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas (TORMENA et al., 1998). Sene et al. (1985); Camargo e Alleoni (1997), consideram valores acima de 2,5 MPa limitante para o crescimento das raízes das plantas em solos argilosos.

Ribeiro (2010), classifica os valores de RMSP em uma escala em que os valores entre 0 a 2 MPa foram considerados baixos, sem impeditivos ao crescimento da planta; acima de 2 a 4 MPa moderados, ou seja, correspondem à faixa em que começa haver impeditivos ao crescimento da planta; valores acima de 4 a 6 MPa receberam a classificação alta, ou seja, indicam a faixa de RMSP que oferece impedimento ao crescimento radicular; e por fim a faixa com valores de RMSP acima de 6 MPa, foi classificada como muito alta.

Maiores valores nas profundidades abaixo de 10 cm encontrados neste trabalho concordam com os obtidos por Carvalho et al. (2008) e Garbiate et al. (2014),

que verificaram maiores valores de RP abaixo da profundidade de 0,10 m em um Latossolo Vermelho distroférico sob cultivo contínuo com cana-de-açúcar.

TABELA 7. Valores médios de resistência a penetração (MPa) nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm, para três épocas e em duas avaliações (inicial e final). Dourados-MS, 2013.

Níveis de palhicho		PROFUNDIDADE (cm)							
Mg ha ⁻¹		0-10		10-20		20-30		30-40	
		^{1*} Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Época 1	0	2,143 Aa	1,438 Ab	2,622	2,672	2,508	2,511	2,136	2,052
	5	1,976 Aa	1,504 Ab	2,587	2,710	2,585	2,609	2,395	2,259
	10	2,088 Aa	1,287 Ab	2,643	2,620	2,567	2,546	2,288	2,234
	15	1,965 Aa	1,276 Ab	2,658	2,476	2,511	2,562	2,097	2,219
	Média	2,043 a	1,373 b	2,627	2,619	2,543	2,557	2,229	2,191
Época 2	0	1,414 Ab	1,744 Aa	2,536 Ab	2,866 Aa	2,373 Ab	3,018 Aa	2,325 Ab	2,846 Aa
	5	1,403 Ab	1,813 Aa	2,316 Ab	2,877 Aa	2,233 Ab	2,850 Aa	2,137 Ab	2,788 Aa
	10	1,217 Ab	1,821 Aa	2,252 Ab	2,767 Aa	2,203 Ab	2,890 Aa	2,099 Ab	2,726 Aa
	15	1,228 Ab	1,825 Aa	2,403 Ab	2,877 Aa	2,368 Ab	2,991 Aa	2,230 Ab	2,833 Aa
	Média	1,315 b	1,801 a	2,377 b	2,847 a	2,294 b	2,937 a	2,198 b	2,798 a
2*Época 3	0	1,645 Aa	1,708 Aa	2,666 Ab	2,928 Aa	2,372	2,516	2,188	2,162
	5	1,685 Aa	1,624 Aa	2,801 Aa	2,809 Aa	2,389	2,420	2,186	2,075
	10	1,468 Aba	1,585 Aa	2,640 Aa	2,861 Aa	2,375	2,458	2,058	2,167
	15	1,147 Bb	1,633 Aa	2,481 Ab	2,882 Aa	2,421	2,630	2,177	2,195
	Média	1,486 b	1,637 a	2,647 b	2,870 a	2,389 b	2,481 a	2,152	2,150

^{*1} Inicial: coleta no momento da implantação dos tratamentos; Final: coleta após a colheita mecanizada da cana-de-açúcar após um ano. ^{*2}Época 1 (Cana de ciclo precoce, colhida no início da safra); época 2 (Cana de ciclo médio, colhida no meio da safra); época 3 (Cana de ciclo tardio, colhida no final da safra). Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna, comparando níveis de palhicho em cada avaliação (inicial e final) e minúscula na linha, comparando avaliação em cada nível de palhicho e as avaliações na média dos níveis de palhicho para cada época, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Souza et al. (2005); Carvalho et al. (2008), avaliando sistemas de colheita de cana-de-açúcar, observaram que houve aumento da resistência do solo à penetração até 0,30 m, atribuindo este fato ao tráfego de colhedora. Da mesma forma foi relatado por Silva et al. (2000), que avaliaram a resistência mecânica do solo à penetração pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo em um Latossolo Vermelho, onde ocorreu aumento da resistência à penetração da profundidade de 0,1–0,2 m para 0,3–0,4 m, com valores entre 2,0 e 4,0 MPa considerados restritivos ao desenvolvimento radicular (ARSHAD et al., 1996).

De forma geral observa-se que deixar o palhicho na lavoura ajuda na manutenção das propriedades físicas do solo dentro de níveis recomendados para a cultura da cana-de-açúcar, mas, com efeito, pouco significativo a curto prazo, devendo-

se aliar esta prática ao controle de tráfego durante todo o ciclo de produção do canavial para que não haja degradação física do solo nos talhões manejados ao longo do ano em função da época de colheita.

CONCLUSÕES

Para as três épocas avaliadas, as parcelas com resíduos de palhicho distribuídos na superfície do solo pela colheita mecânica de cana crua ocorreu redução na densidade, microporosidade e porosidade total do solo e aumento da macroporosidade do solo, após um ano de avaliação.

Os valores de densidade do solo foram elevados, mas sem impeditivos ao crescimento da planta; nas três épocas de colheita e em todos os níveis de palhicho avaliadas.

A quantidade de resíduos vegetais distribuídos na superfície do solo não apresentaram diferença para a resistência à penetração do solo, após um ano de avaliação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, F.S.; SOUZA, Z.M.; SOUZA, G.S.; MATSURA, E.E.; BARBOSA, R.S. Espacialização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho em dois sistemas de colheita de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.6, p.651-660, 2013.
- ARSHAD, M.A.; LOWER, B.; GROSSMAN, B. **Physical tests for monitoring soil quality**. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Eds.). *Methods for assessing soil quality*. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 123- 141. (Special publication, 49).
- BERGAMIN, A.C.; VITORINO, A.C.T.; FRANCHINI, J.C.; SOUZA, C.M.A.; SOUZA, F.R. Compactação em um Latossolo Vermelho distroférico e suas relações com o crescimento radicular do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.3, p.681-691, 2010.
- BRADY N. C.; WEIL, R.R. **The Nature and properties of soils**. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 960 p.
- BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; REINERT, D.J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio Proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.4, p.605-614, 2006.
- CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: Esalq, 1997. 132p.

- CASTRO, A.M.C.; SANTOS, K.H.; MIGLIORANZA, E.; GOMES, C.J.A.; MARCHIONE, M.S. Avaliação de atributos físicos do solo em diferentes anos de cultivo de cana-de-açúcar. **Agrarian**, Dourados, v.6, n.22, p.415-422, 2013.
- CARVALHO, L.A.; REZENDE, I.S.; PANACHUKI, E.S.; JUNIOR, C.A.; NOVAK, E.; SILVA, G.F.C. Variáveis físicas do solo e produtividade de cana-de-açúcar sob sistemas de preparo na reforma de canavial. **Agrarian Academy**, Goiânia, v.1, n.1, p.259-274, 2014.
- CARVALHO, L. A.; NETO, V. J. M.; SILVA, L. F.; PEREIRA, J. G.; NUNES, W. A. G. A.; CHAVES, C. H. C. Resistência mecânica do solo a penetração (RMP) sob cultivo de cana-de-açúcar, no município de Rio Brilhante-MS. **Agrarian**, Dourados, v.1, n.2, p.7-22, 2008.
- CARVALHO, S.R.; BRUAND, D.A.; HARDY, M.; LEPRUM, J.C.; JAMAGNE, M. Tassement des sols ferrallitiques Podzólico Vermelho Amarelo sous culture de canne à sucre (état de Rio de Janeiro, Brésil): apport d'une analyse de la porosité associée a une connaissance détaillée de la phase minérale. **Série Pedologie, Cahiers Orstom**, v. 26, n.1, p.195-212, 1991.
- CENTURION, J.F.; FREDDI, O.S.; ARATANI, R.G.; METZNER, A.F.M.; BEUTLER, A.N.; ANDRIOLI, A. Influência do cultivo de cana-de-açúcar e da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.2, p.199-209, 2007.
- CERRI C.C.; GALDOS M.V.; MAIA S.M.F.; BERNOUX M.; FEIGL B.J.; POWLSON D.; CERRI C.E.P. Effect of sugarcane harvesting systems on soil carbon stocks in Brazil: an examination of existing data. **European Journal of Soil Science**, v.62, n.1, p.23-28, 2011.
- COLET, M. J.; SVERZUT, C. B.; WEIRICH NETO, P. H.; SOUZA, Z. M. Alterações em atributos físicos de um solo sob pastagem após escarificação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.2, p.361-368, 2009.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. p.230.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v.6, p.36-41, 2008.
- FLOWERS, M.D.; LAL, R. Axle load and tillage effects on soil physical properties and soybean grain yield on a mollic ochraqualf in northwest Ohio. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.48, n.1-2, p.21-35, 1998.
- GARBIATE, M.V.; VITORINO, A.C.T.; MAUAD, M.; BERGAMIN, A.C. Atributos físicos de Latossolo escarificado em área cultivada com cana-de-açúcar. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v.57, n.4, p.335-341, 2014.
- GARBIATE, M.V.; VITORINO, A.C.T.; TOMASINI, B.A.; BERGAMIN, A.C.; PANACHUKI, E. Erosão entre sulcos em área cultivada com cana crua e queimada sob colheita manual e mecanizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.6, p. 2145-2155, 2011.

HAKANSSON, I.; VOORHEES, W.B. **Soil compaction**. In: LAL, R.; BLUM, W.H.; VALENTIN, C. (Ed.). Methods for assessment of soil degradation. Boca Raton: Lewis, 1997. p.167-179.

IAIA, A.M.; MAIA, J.C.S.; KIM, M.E. Uso do penetrômetro eletrônico na avaliação da resistência do solo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, p.523-530, 2006.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.

LADO, M.; PAZ, A.; BEM-HUR, M. Organic matter and aggregate size interactions in infiltration, seal formation, and soil loss. **Soil Science Society of America Journal**, Madinson, v.68, n.3, p.935-942, 2004.

LAL, R. Métodos para avaliação do uso sustentável dos recursos solo e água nos trópicos. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, Documentos 03. 1999. 97 p.

MAIA, J.L.T.; RIBEIRO, M.R. Cultivo contínuo da cana-de-açúcar e modificações químicas de um Argissolo Amarelo fragipânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1127-1132, 2004.

OLIVEIRA, M.; CURTI, N.; FREIRE, J.C. Relações massas/volume em Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/argilosa da região de Lavras (MG) sob pastagens e cultivo anual. **Ciência e Prática**, Bebedouro, v.7, p.66-74, 1983.

PACHECO, E.P.; CANTALICE, J.R.B. Compressibilidade, resistência à penetração e intervalo hídrico ótimo de um Argissolo Amarelo cultivado com cana-de-açúcar nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.2, p.403-415, 2011.

PAULA, M.; PEREIRA, F.A.R.; ARIAS, E.R.A.; SCHEEREN, B.R.; SOUZA, C.C.; MATA, D.S. Fixação de carbono e a emissão dos gases de efeito estufa na exploração da cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.3, p.633-640, 2010.

PAULINO, J.; ZOLIN, C.A.; BERTONHA, A.; FREITAS, P.S.L.; FOLEGATTI, M.V. Estudo exploratório do uso de vinhaça ao longo do tempo. II. Características da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.3, p.244-249, 2011.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; SILVA, V.R. **Propriedades físicas de solos em sistema de plantio direto irrigado**. In: Carlesso, R.; Petry, M.T.; Rosa, G.M.; Ceretta, C.A.(ed.). Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul. Santa Maria, 2001, 165p.

RIBEIRO, C. A. 2010. Variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração em áreas mecanizadas de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). 2010. 69 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/88329>>.

RODRIGUES, E.B. **Comparação técnico-econômica da colheita de cana-de-açúcar na região de Bandeirantes – PR**. 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

RODRIGUES, E.B.; SAAB, O.J.G.A. Avaliação técnico-econômica da colheita manual e mecanizada da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) na região de Bandeirantes – PR. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.28, n.4, p.581-588, 2007.

- ROQUE, A.A.O.; SOUZA, Z.M.; BARBOSA, R.S.; SOUZA G.S. Controle de trafego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.7, p.744-750, 2001.
- SENE, M.; VEPRASKAS, M.J.; NADERMAN, G.C. DENTON, H.P. Relationships of soil texture and structure to corn yield response to subsoiling. **Soil Science Society of America Journal**, Madinson, v.49, p.422-427, 1985.
- SHUKLA, M.K.; LAL, R.; OWENS, L.B.; UNKEFER, P. Land use management impacts on structure and infiltration characteristics of soils in the north Appalachian region of Ohio. **Soil Science**, v.168, n.3, p.167-177, 2003.
- SILVA, A.J.N.; CABEDA, M.S.V. Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis de umidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.6, p.921-930, 2006.
- SILVA, A.J.N.; RIBEIRO, M.R. Caracterização de Latossolo amarelo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas: atributos morfológicos e físicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.677-684, 1997.
- SILVA, A.P. e KAY, B.D. Etimating the leas limiting water range of soil from properties and management. **Soil Science Society of America Journal**, Madinson, v.61, n.3, p.877-883, 1997.
- SILVA, M.L.N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.12, p.2485-2492, 2000.
- SILVA, M.S.L.; RIBEIRO, M.R. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em propriedades morfológicas e físicas de solos argilosos de tabuleiro no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.16, n.3, p.397-402, 1992.
- SOUZA, Z.M.; PRADO, R.M.; PAIXÃO, A.C.S.; CESARIN, L.G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.3, p.271-278, 2005.
- SOUZA, Z.M.; BEUTLER, A.N.; PRADO, R.M.; BENTO, M.J.C. Efeito de sistemas de colheita de cana-de-açúcar nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho. **Científica**, Jaboticabal, v.34, n.1, p.31-38, 2006.
- SPADOTO, A.F. Desenvolvimento de programa computacional aplicado ao empacotamento do palhiço de cana-de-açúcar. Botucatu: UNESP, 2008. 62p. Dissertação Mestrado.
- THOMASSON, A.J. Towards an objective classification of soil struture. **The Journal of Soil Science**, Oxford, v.29, n.1, p.38-46, 1978.
- TORMENA, C.A.; ROLOFF, G.; SÁ, J.C.M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciado por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.301-309, 1998.
- VASCONCELOS, R.F.B.; CANTALICE, J.R.B.; MOURA, G.B.A.; ROLIM, M.M.; MONTENEGRO, C.E.V. Compressibilidade de um Latossolo Amarelo distrocoeso não saturado sob diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, n.2, p.525-536, 2012.
- WATANABE, R.T.; FIORETTO, R.A.; HERMANN, E.R. Propriedades químicas do solo e produtividade da cana-de-açúcar em função da adição da palhada de colheita,

calcário e vinhaça em superfície (sem mobilização). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.25, n.2, p.93-100, 2004.

7. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Embora tenham sido observados efeitos dos níveis de palhiço em alguns componentes do crescimento da planta (número de perfilhos iniciais, altura de plantas e diâmetro do colmo), nos componentes da qualidade tecnológica (Brix, AR e Pol), os componentes decisivos da produtividade (TCH, ATR) não foram influenciados pelos níveis de palhiço.

As velocidades de enleiramento do palhiço, da mesma forma que para os níveis de palhiço deixados sobre a soqueira, não afetaram a produtividade de açúcares por unidade de área nas três áreas estudadas. Com a ressalva de que estudos de mais longo prazo devam ser conduzidos em diversos ambientes de produção para confirmação destes resultados, pode-se recomendar a adoção de velocidades de até 14,2 km h⁻¹, para proceder o enleiramento do palhiço, resultando em maior rendimento operacional e consequente menor custo operacional de recolhimento do palhiço.

Pode-se realizar o recolhimento parcial do palhiço para outros usos sem afetar os atributos químicos do solo, na safra seguinte, pois não houve aumento significativo nos teores dos nutrientes avaliados nas camadas superficiais do solo, após um ano de cultivo, mesmo com a manutenção de 15 Mg ha⁻¹ de palhiço. Assim como não houve redução nos valores de matéria orgânica avaliados nas camadas superficiais do solo, após um ano de cultivo, mesmo com o recolhimento total do palhiço, independente da época de colheita da cana.

O solo com palhiço distribuídos na superfície do solo pela colheita mecânica de cana crua teve redução na densidade, microporosidade e porosidade total do solo e, aumento da macroporosidade do solo, após um ano de avaliação. Os níveis de palhiço distribuídos na superfície do solo não apresentaram diferença para a resistência do solo à penetração, após um ano de avaliação.

O palhiço remanescente ajuda na manutenção das propriedades físicas do solo dentro de níveis recomendados para a cultura da cana-de-açúcar, mas, com efeito pouco significativo a curto prazo, devendo-se aliar esta prática ao controle de tráfego durante todo o ciclo de produção do canavial para que não haja degradação física do solo, nos talhões manejados ao longo do ano em função da época de colheita.