

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**ATRIBUTOS FÍSICOS E DESEMPENHO DE CULTIVARES
DE CANA-DE-AÇÚCAR EM UM LATOSSOLO VERMELHO
DISTROFÉRICO SUBMETIDO A DOIS SISTEMAS DE
PREPARO**

SÁLVIO NAPOLEÃO SOARES ARCOVERDE

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2018**

**ATRIBUTOS FÍSICOS E DESEMPENHO DE CULTIVARES DE
CANA-DE-AÇÚCAR EM UM LATOSSOLO VERMELHO
DISTROFÉRICO SUBMETIDO A DOIS SISTEMAS DE PREPARO**

SÁLVIO NAPOLEÃO SOARES ARCOVERDE

Engenheiro Agrícola e Ambiental, Mestre em Engenharia Agrícola

ORIENTADOR: Prof. Dr. CRISTIANO MARCIO ALVES DE SOUZA

CO-ORIENTADORES: Prof. Dr. JORGE WILSON CORTEZ

Prof. Dr. MANOEL CARLOS GONÇALVES

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

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

A675a Arcoverde, Salvio Napoleao Soares
Atributos físicos e desempenho de cultivares de cana-de-açúcar em um
Latossolo Vermelho Distroférrico submetido a dois sistemas de preparo / Salvio
Napoleao Soares Arcoverde -- Dourados: UFGD, 2018.
136f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Cristiano Marcio Alves de Souza
Co-orientador: Jorge Wilson Cortez/Manoel Carlos Gonçalves

Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias,
Universidade Federal da Grande Dourados.
Inclui bibliografia

1. Saccharum spp.. 2. plantio direto. 3. manejo do solo. 4. cana-planta. I.
Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**ATRIBUTOS FÍSICOS E DESEMPENHO DE CULTIVARES DE
CANA-DE-AÇÚCAR EM UM LATOSSOLO VERMELHO
DISTROFÉRICO SUBMETIDO A DOIS SISTEMAS DE PREPARO**

Por

Sálvio Napoleão Soares Arcoverde

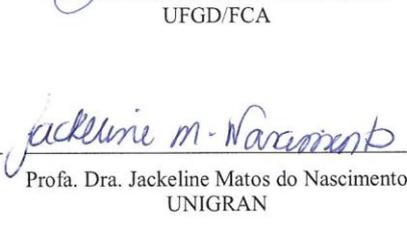
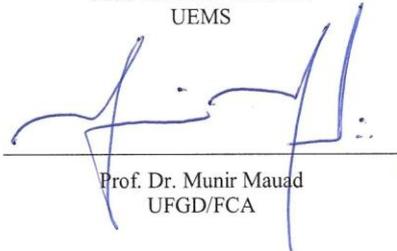
Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título
de DOUTOR EM AGRONOMIA

Aprovado em: 27/03/2018



Prof. Dr. Elói Panachuki
UEMS

Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza
UFGD/FCA



Prof. Dr. Munir Mauad
UFGD/FCA

Prof. Dra. Jackeline Matos do Nascimento
UNIGRAN



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

*A Deus,
Aos meus pais,
À minha irmã;
À minha esposa.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por me proporcionar saúde e me guiar nesta jornada.

À Universidade Federal da Grande Dourados, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pelo ensino de qualidade e gratuito, e a Maria Lúcia Teles e Aline Luana B. Alcará pela atenção e paciência.

Ao meu orientador Prof. Cristiano Marcio Alves de Souza, pela orientação, paciência, conhecimentos compartilhados e todo apoio para a realização deste trabalho.

Ao meu co-orientador Prof. Jorge Wilson Cortez, pela amizade, confiança e conhecimentos compartilhados.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia pelos ensinamentos e experiência compartilhados de suma importância para a construção deste trabalho e para a minha experiência profissional.

Aos professores Antônio Carlos Tadeu Vitorino, Manoel Carlos Gonçalves e Luiz Carlos Ferreira de Souza pela atenção e conhecimentos compartilhados.

À minha família pelo apoio e incentivo, especialmente aos meus pais, irmã e esposa.

Aos colegas de iniciação científica, voluntários, estudantes de graduação e Pós-graduação pela parceria e auxílio nos trabalhos de campo e laboratório. A todos os funcionários da FAECA envolvidos nas atividades de campo, em especial ao técnico agrícola Moacir Marreiro pela colaboração na implantação deste experimento e pelo conhecimento compartilhado.

Aos meus amigos Allison, Andrés, Paulo e Wesley pela parceria e colaboração durante todas as etapas da pesquisa. A todos os meus amigos que me apoiaram e torceram para que este sonho se concretizasse. A todos os meus sinceros agradecimentos.

O meu muito obrigado a toda equipe da usina Monte Verde pela colaboração na realização das análises tecnológicas, em especial ao coordenador de planejamento e desenvolvimento agrônomo Wiliam Roberto Arnt, e também aos funcionários do setor de produção e qualidade Thiago Cardoso e Janaína Alves.

Aos membros das bancas de qualificação e pré-defesa pelas valiosas contribuições.

SUMÁRIO

	PÁGINA
RESUMO	viii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Aspectos econômicos da cana-de-açúcar	3
2.2 Aspectos de produtividade de cana-de-açúcar	4
2.3 Qualidade da cana-de-açúcar	8
2.4 Preparo do solo para cana-de-açúcar	11
2.5 Indicadores de qualidade física do solo	16
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
4. ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SUBMETIDO A PLANTIO DIRETO E PREPARO REDUZIDO PARA CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	27
5. ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO CULTIVADO COM CANA-PLANTA EM FUNÇÃO DO MANEJO E LOCAL DE AMOSTRAGEM	41
6. ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO PÓS-PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM SISTEMAS DE PLANTIO DIRETO E PREPARO REDUZIDO.....	55
7. CRESCIMENTO INICIAL DE OITO CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR, EM CANA-PLANTA, EM DOIS SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO	69
8. DESEMPENHO DE OITO CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDAS A DOIS TIPOS DE PREPARO DO SOLO.....	88
9. ANÁLISE MULTIVARIADA DA PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE CANA-DE- AÇÚCAR EM DOIS PREPAROS DO SOLO.....	112
10. CONCLUSÃO GERAL	127

ARCOVERDE, Sálvio Napoleão Soares. **Atributos físicos e desempenho de cultivares de cana-de-açúcar em um Latossolo Vermelho Distroférico submetido a dois sistemas de preparo.** 2018. 136f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS. Orientador: Cristiano Marcio Alves de Souza. Co-orientadores: Jorge Wilson Cortez e Manoel Carlos Gonçalves.

RESUMO

A implantação de sistemas conservacionistas de preparo do solo para a cultura da cana-de-açúcar ainda é incipiente em comparação ao sistema de preparo convencional, sendo a base científica reduzida acerca de seus efeitos sobre a qualidade do solo, a produção e a qualidade tecnológica. A seleção de cultivares mais produtivas e adaptadas aos distintos ambientes edafoclimáticos e de manejo do solo auxilia o manejo varietal nas unidades de produção. Objetivou-se avaliar o crescimento e o desempenho de cultivares de cana-de-açúcar, bem como a qualidade física de um Latossolo Vermelho Distroférico em função do plantio direto e preparo reduzido. O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados onde a área experimental foi dividida em duas subáreas, compostas pelo plantio direto e preparo reduzido. Em cada preparo foram cultivadas oito cultivares de cana-de-açúcar em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Nas unidades experimentais, os atributos físicos foram determinados em duas épocas: pós-preparo do solo e pós-tratamento fitossanitário; nesta época também com avaliação nas posições da linha do rodado do trator e entrerrodado e, na linha da cana determinada apenas a resistência do solo à penetração (RP). Durante o ciclo de cana-planta foram avaliados os componentes de produção: número de perfilhos por metro, altura de colmos, diâmetro de colmos; e aos 395 dias após o plantio (DAP) foi realizada a colheita determinando-se: produtividade de colmos, teor de sacarose (Pol), produtividade de Pol, teor de sólidos solúveis, açúcares totais recuperáveis, açúcares redutores e fibra botânica. Os valores de RP e densidade do solo na linha do rodado dos preparos demonstraram tendência de compactação do solo na camada de 0,00 a 0,20 m. O tráfego de máquinas para tratamento fitossanitário promoveu aumento da densidade do solo, porosidade total, microporosidade e RP e diminuição da macroporosidade nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade, em relação aos valores obtidos em pós-preparo do solo. O desenvolvimento das cultivares foi caracterizado pelo maior crescimento em altura de colmos, diâmetro e número de perfilhos até os 215 DAP, com máximo diâmetro de colmos e perfilhamento

atingido aos 300 DAP para todas as cultivares. Embora sejam observados menores valores de densidade do solo e RP no preparo reduzido em relação ao plantio direto na camada superficial, tal aumento não afetou a qualidade física do solo neste preparo, onde houve maior perfilhamento e produtividade de colmos e sacarose em níveis próximos aos obtidos em solos sob sistema de preparo convencional. Sob as condições ambientais que foram submetidas durante o ciclo de cana-planta, as cultivares de maturação precoce (RB965902, RB966928 e RB855156) e a cultivar de ciclo médio (RB985476) têm produtividade e características tecnológicas superiores às demais; enquanto para a RB036066 estas são menores em ambos os preparos do solo. As técnicas de análise multivariada permitiram a diferenciação dos componentes de produção de cana-de-açúcar em três fatores referentes à produção de sacarose, produtividade e crescimento de colmos, respectivamente; bem como a identificação de um grupo de cultivares com desempenho superior, sendo tal diferenciação condicionada predominantemente pelo preparo do solo.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., plantio direto, manejo do solo, cana-planta.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com aproximadamente 9 milhões de hectares distribuídos em sua maior parte nos estados de São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná, Alagoas e Pernambuco. Nos últimos anos, houve expansão da cultura no Estado de Mato Grosso do Sul, com aumento em área cultivada de 523% no período entre 2000 e 2012, sendo que neste ano mais da metade dos municípios (53%) produziam cana para a indústria, com destaque para Paranaíba, que apresentava a segunda taxa de crescimento nos últimos 10 anos, perdendo apenas para Dourados (LEAL, 2013).

A cana-de-açúcar é uma cultura semi-perene cujo ciclo tem duração média de 5 anos. Para o plantio da cana-de-açúcar é realizado o preparo convencional do solo, por meio de aração e gradagens sucessivas, que provoca a mobilização do solo e alteração da estrutura. Durante o manejo da cultura, há tráfego de máquinas/implementos que promovem a compactação do solo, principalmente durante a época de colheita mecanizada onde há trabalho de máquinas pesadas, entre elas colhedoras e transbordos.

Quando solos suscetíveis à compactação, como os Latossolos argilosos, são inseridos nesses sistemas produtivos, ocorre o desenvolvimento de processos de degradação como a compactação e a erosão. Com isso, têm-se as alterações na estrutura do solo e em seus atributos físicos como aumento da densidade do solo, da resistência do solo à penetração e diminuição da macroporosidade do solo, o que afeta a qualidade deste recurso ao limitar propriedades como aeração, disponibilidade e retenção hídrica e de nutrientes, bem como restringindo o desenvolvimento radicular da planta.

Nas unidades de produção de cana-de-açúcar é necessário o entendimento quanto à relação entre as práticas de manejo do solo e a aptidão das classes de solo para aumentar a longevidade do canavial e minimizar processos de degradação física. Incluir sistemas de manejo do solo conservacionistas, como o plantio direto e o preparo reduzido, pode ser uma alternativa sustentável. Entretanto, para a escolha correta do preparo do solo é necessária uma avaliação global das condições existentes, como impedimentos físicos, químicos e biológicos, tipo de solo, condição de umidade (época do ano), presença ou não de plantas daninhas, disponibilidade de implementos e maquinários, entre outras.

Entre os benefícios da implantação de sistemas conservacionistas, como o plantio direto e o preparo reduzido, estão o não revolvimento do solo ou redução de operações de preparo do solo, manutenção de resíduos vegetais em superfície e diminuição

do custo de produção da cana-de-açúcar. Para culturas anuais, como soja e milho, tais benefícios são amplamente conhecidos, no entanto para a cana-de-açúcar há poucas informações a respeito das interações entre tais manejos e o desempenho de diferentes cultivares.

A avaliação do desempenho de diferentes cultivares de cana-de-açúcar liberadas pelos programas de melhoramento genético nos respectivos ambientes edafoclimáticos a partir da interação com os distintos manejos do solo pode auxiliar no manejo varietal realizado nas unidades de produção, considerando que existe uma época ótima de colheita para cada cultivar e que as cultivares apresentam respostas diferentes quanto ao potencial produtivo da cana-de-açúcar.

Conforme Dutra Filho et al. (2011a), Dutra Filho et al. (2011b) e Silva et al. (2011), a seleção de cultivares adaptadas e produtivas com base em componentes de produção pode ser realizada utilizando-se técnicas estatísticas de análise multivariada, com as quais é possível a identificação de cultivares mais produtivas e de maior divergência genética.

Este trabalho foi concebido com base em quatro hipóteses: (1) o tráfego de máquinas e o não revolvimento do solo elevam o estado de compactação nas entrelinhas de cana-planta; (2) tais estados de compactação em plantio direto de cana não acarretam degradação física do solo a ponto de afetar o desempenho de cultivares; (3) sistemas conservacionistas de preparo do solo para plantio de cana promovem níveis iguais ou superiores de desempenho de cultivares em relação aos sistemas de preparo convencional; (4) sob as mesmas condições edafoclimáticas e de manejo do solo, a variabilidade genética condiciona o desempenho de diferentes cultivares de cana-de-açúcar.

O trabalho foi dividido em seis artigos, com os objetivos de caracterizar o desenvolvimento das diferentes cultivares de cana-de-açúcar e avaliar o desempenho destas, em cana-planta, em plantio direto e preparo reduzido; bem como avaliar a qualidade física de um Latossolo Vermelho Distroférrico em função do manejo do solo e tráfego de máquinas e implementos para manejo da cultura.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos econômicos da cana-de-açúcar

O cultivo da cana-de-açúcar é uma das atividades mais antigas do Brasil, ocupando posição de destaque na economia nacional, principalmente quando a exploração se destina à produção de açúcar, de álcool e aguardente, o que gera renda e divisas (REIS, 2009). De acordo com Neves et al. (2006), o Brasil tem potencial para obter o álcool e açúcar a menor custo, devido à elevada capacidade de produzir matéria-prima de baixo custo e também à infraestrutura e capacidade gerencial, sobretudo, existentes na região Centro-Sul do País.

Tamanho é a relevância do setor sucroenergético no cenário econômico nacional e internacional que, cada vez mais, o Brasil se consolida como o maior produtor de cana-de-açúcar, aumentando a sua área plantada e diversificando a produção de açúcar, etanol e aguardente e, agregando valor com a cogeração de eletricidade e produção de bioplásticos (PEREIRA, 2014).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, representando quase 43% do total, seguido pela Índia com 16,5% e a China com 6,6% (LEAL, 2013). A produção de etanol no Brasil em 2016/2017 foi em torno de 27,86 bilhões de litros, 8,50% menor que a produção da safra anterior. Deste total, 11,37 bilhões de litros foram de etanol anidro e 16,44 bilhões de litros foram de etanol hidratado. Assim, o etanol anidro teve um aumento de 1,50% na produção e o etanol hidratado teve uma redução de 14,30%, quando comparados com a produção de etanol da safra anterior.

Responsável por mais da metade do açúcar comercializado no mundo, o Brasil deve alcançar taxa média de aumento da produção de 3,25%, até 2018/2019, e colher 47,34 milhões de toneladas do produto, o que corresponde a um acréscimo de 14,6 milhões de toneladas em relação ao período 2007/2008. Para as exportações, o volume previsto para 2019 é de 32,6 milhões de toneladas. O etanol, produzido no País, a partir da cana-de-açúcar, também conta com projeções positivas para os próximos anos, devido principalmente, ao crescimento do consumo interno. A produção projetada para 2019 é de 58,8 bilhões de litros, mais que o dobro da prevista para 2012/2013. O consumo interno está projetado em 50 bilhões de litros e as exportações em 8,8 bilhões (LEAL, 2013).

Atualmente, a soja representa cerca de 20% do PIB da agropecuária brasileira, enquanto o setor sucroalcooleiro é responsável por aproximadamente 2% do PIB nacional

e 8% do PIB da agricultura do Brasil, sendo o maior produtor e exportador de açúcar do mundo e o segundo maior produtor de etanol do mundo (MARTINS FILHO et al., 2015). Marin e Nassif (2013) comentam que, no caso do açúcar, o Brasil ocupa mais de 40% do mercado internacional. A demanda externa tem impulsionado sua expansão devido ao crescimento da população mundial e ao aumento do consumo em países em desenvolvimento, particularmente na Ásia, face ao crescimento da renda per capita e ao processo de êxodo rural nesses países. Mais recentemente, a quebra de safra em países produtores representou incentivo adicional para o produto no mercado externo, afetando o mercado interno de etanol.

Nos últimos anos houve um aumento da área cultivada da cana-de-açúcar na região centro-sul, com destaque para os estados de São Paulo (4.678,7 mil hectares), Goiás (908 mil hectares), Minas Gerais (811,2 mil hectares) e o Mato Grosso do Sul com 682,3 mil hectares, apresentando produtividade média de 66,5 toneladas de cana por hectare, em que aproximadamente 75% do ATR total (toneladas) é destinado para a produção de etanol, e desses 55% para a produção de etanol hidratado (CONAB, 2015).

Particularmente no Estado de Mato Grosso do Sul vem crescendo significativamente a produção da cana-de-açúcar nos últimos anos. Este aumento no seu cultivo e na produção de álcool e açúcar se deve ao aumento da demanda doméstica e internacional, e ao deslocamento da produção do Estado de São Paulo para outras regiões do país (LEAL, 2013).

Com o objetivo de analisar e descrever como vem ocorrendo a expansão da cultura e das usinas canavieiras no Mato Grosso do Sul - MS, bem como compreender os possíveis benefícios e dificuldades com esse crescimento, Leal (2013) reportou aumento em área com cana no estado de 523% no período de 2000 à 2012, em 2012/2013 mais da metade (53%) dos municípios produziam cana para indústria, e que apenas as microrregiões de Baixo Pantanal e Bodoquena não produziam cana e em Aquidauana houve uma redução de 82% na área cultivada. A microrregião de Paranaíba ocupava a 5ª posição na área total do Estado e apresentava a segunda taxa maior de crescimento nos últimos 10 anos, perdendo apenas para Dourados.

2.2 Aspectos de produtividade de cana-de-açúcar

O planejamento adequado das atividades envolvidas ao longo do ciclo da cultura da cana-de-açúcar, desde o preparo do solo até a colheita, é fundamental para atender à demanda de matéria-prima da indústria, tanto em quantidade como em qualidade.

No Centro-Sul do País, conforme Silva et al. (2015), a safra se inicia de abril a maio, e termina entre novembro e dezembro, enquanto que no Nordeste, a safra ocorre de setembro a março. Dessa forma, os autores destacam que é necessário um nível ótimo de maturação para industrialização em diferentes épocas, devendo-se utilizar para início de safra variedades precoces (20-25% da área a ser colhida); para meio de safra, variedades de maturação média (60 a 70% da área a ser colhida); e, para o fim de safra, variedades tardias (10 a 15% da área a ser colhida).

O desenvolvimento de novas variedades pelos programas de melhoramento genético permite o contínuo manejo varietal. Nessa atividade, ao se substituir uma variedade por outra mais adaptada, produtiva e com melhores características tecnológicas, podem-se gerar ganhos altamente significativos; o que é atrativo tendo em vista o fato de que o pagamento da cana é com base no peso, no teor de sacarose e pureza dos colmos (SILVA et al., 2015).

Para um correto manejo varietal, devem-se levar em consideração os fatores ambientais, genéticos e a interação entre eles (VERÍSSIMO et al., 2012; ABREU et al., 2013), visando à expressão máxima do potencial genético da cultura, considerando-se o fato de que existe uma época ótima de colheita apropriada para cada cultivar e que as cultivares apresentam respostas diferentes no potencial produtivo da cana-de-açúcar (ARNT, 2016).

De acordo com Silva et al. (2015), no manejo varietal, além da adaptabilidade a um ambiente de produção, determinam-se as curvas de maturação nos ensaios de variedades que indicam a melhor época de colheita de cada uma, em função da qualidade tecnológica da matéria-prima. Dessa forma, para melhor aproveitamento do potencial qualitativo e quantitativo das variedades, devem-se recomendar os plantios relacionando os ambientes de produção e as respectivas curvas de maturação.

Apesar da importância dos benefícios dos sistemas de preparo conservacionistas, como o cultivo mínimo e o plantio direto, para a cultura da cana-de-açúcar há poucas informações a respeito das interações entre tais manejos e o desempenho de diferentes cultivares. Esse conhecimento, levando-se em consideração os distintos ambientes de produção, é fundamental para o manejo varietal nas unidades de produção. Sendo assim, pesquisas com esta temática são importantes considerando-se o grande

número de variedades recomendadas pelos programas de melhoramento genético e a elevada variabilidade de classes de solo em seus diversos manejos associados ao clima regional (PRADO et al., 2010).

Silva Junior et al. (2013) estudaram o desempenho agrônômico da cultivar SP81-3250, em cana-planta, em Latossolo Vermelho distrófico argiloso, na região de Rio Brilhante, no estado do Mato Grosso do Sul, em 3 sistemas de preparo convencional (I – duas gradagens aradoras, subsolagem até 0,45 m de profundidade e uma gradagem niveladora; II - uma gradagem aradora a 0,20 m de profundidade, uma gradagem intermediária, uma aração e gradagem niveladora para sistematização do terreno; e III - duas gradagens aradoras e uma gradagem niveladora), cultivo mínimo (subsolagem até 0,45 m de profundidade e abertura de sulco para semeadura do colmo semente) e sulcação direta (apenas abertura dos sulcos de plantio). Verificaram neste sistema valores de produtividade de colmos - TCH (145,05 Mg ha⁻¹) e produtividade de Pol por hectare - TPH (17,41 Mg ha⁻¹) inferiores aos demais.

Avaliando os efeitos de diferentes sistemas de preparo do solo e de colheita sobre o crescimento e produtividade da cana-planta, em um Argissolo Amarelo textura arenosa/média, na região de Linhares, Estado do Espírito Santo, Tavares e Zonta (2010) observaram que o tratamento renovação do canavial, em preparo convencional e cultivo mínimo, não apresentou diferença estatística na produtividade em cana-planta. Atribuíram esse resultado à recém-instalação deste tratamento, pois, para que haja o surgimento dos efeitos desses tipos de sistemas, um período de tempo maior é requerido.

Silva et al. (2014) ao avaliarem o potencial produtivo de diferentes variedades de cana-de-açúcar durante dois ciclos e além de identificarem diferenças nas respostas de TPH, devido à distinção genética dos materiais, destacaram que a cultivar RB855536 como menos produtiva em relação às cultivares SP85-1115, IACSP96-3060, RB867515 e IAC91-1099 no primeiro ciclo da cultura.

Veríssimo et al. (2012) ao avaliarem quinze variedades de maturação precoce nas safras 2009/2010 e 2010/2011, verificaram para a RB966928 elevada riqueza e produtividade de Brix, estabilidade moderada e ampla adaptabilidade, enquanto a cultivar padrão RB855156 mostrou adaptação específica e estabilidade moderada.

De acordo com Daros et al. (2010), a excelente brotação da cultivar RB966928 em cana-planta em ambientes com média a alta fertilidade do solo, favorece a uma elevada estabilidade de rendimento em diferentes ambientes. Tal constatação foi obtida a partir de estudos nos estados de São Paulo e Paraná, onde em comparação com a variedade padrão

RB855156 de maturação precoce, observou-se rendimento de cana 11% maior na média de quatro ciclos.

Campos et al. (2014), porém, dentre as 16 variedades avaliadas, verificaram que a CTC2, CTC9, CTC11, CTC15, IAC87-3396, IAC91-1099, RB867515, RB92579 e SP86-0042 obtiveram as maiores médias de produtividade, contudo, sem diferença significativa, e variação entre 108,6 e 170,26 Mg ha⁻¹. Observaram que as maiores médias de produtividade das variedades estão associadas ao melhor desempenho destas em termos de massa de 10 colmos e ao comprimento de colmos, exceto para a variedade CTC2, que apresentou maiores médias de perfilhamento e diâmetro de colmos. Por fim, destacaram que a variedade RB966928, apesar de apresentar bom perfilhamento e comprimento de colmos, não ficou no grupo de destaque em produtividade, apresentando um desempenho intermediário, com 130,26 Mg ha⁻¹, o que foi atribuído à obtenção de menores médias de diâmetro de colmo (27,88 mm).

Morais et al. (2017) observaram que a produtividade média de colmos dos clones mais produtivos de ciclo precoce, nos cultivos de cana-planta e cana-soca (96,6 e 123,4 Mg ha⁻¹, respectivamente) foi semelhante à obtida com os clones mais produtivos de ciclo médio-tardio (101,5 e 128,0 Mg ha⁻¹, respectivamente); e que no cultivo de cana-soca, a produtividade média de colmos superou a obtida no cultivo de cana-planta, com 13 dos 25 clones avaliados, sendo que os clones mais produtivos apresentam valores elevados de número e de comprimento de colmos, com baixa variação do diâmetro de colmos; concluindo que os clones RB965911, RB925345, RB855156, RB987935, RB935744, RB867515, RB975019, RB925268, RB845210 e RB975329 são os mais adaptados às condições edafoclimáticas da região da Depressão Central do Rio Grande do Sul, apresentando maior produtividade de colmos, com valores acumulados, nos dois cultivos, superiores a 200 Mg ha⁻¹.

Vale ressaltar que o conhecimento dos padrões de crescimento durante o ciclo de produção das variedades é importante no planejamento da produção para se ajustar os períodos de máximo crescimento aos de maior disponibilidade hídrica, visando ao aumento da produção da cana-de-açúcar (ABREU et al., 2013). Além disso, o estudo do desempenho de diferentes cultivares nas condições edafoclimáticas locais é essencial para aumentar o leque de cultivares e disponibilizar àquelas mais aptas ao manejo varietal nas unidades de produção (ARNT, 2016).

2.3 Qualidade da cana-de-açúcar

A qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima industrializável é definida por uma série de características físico-químicas e microbiológicas da planta, bem como pelas impurezas vegetais e minerais oriundas do manejo agrícola e industrial, que podem afetar de maneira negativa o potencial de produção de açúcar e etanol (RIPOLI e RIPOLI, 2004). Neste contexto, vários fatores são responsáveis pela qualidade da cana-de-açúcar entregue à indústria, entre eles a cultivar, o estágio de maturação, as impurezas minerais e vegetais, condições climáticas, a ação dos microorganismos, a sanidade do canavial e o corte, transbordo e carregamento (SANTOS et al., 2013; SILVA et al., 2015).

A cana-de-açúcar é constituída de colmo industrializável, folhas verdes, folhas secas e ponteiro. Em relação à composição química, a cana é constituída de sólidos insolúveis (fibra industrializável) e solúveis (caldo), os quais, por sua vez, contêm compostos orgânicos e inorgânicos. No entanto, a composição da cana é muito variável, dependendo das condições edafoclimáticas da região, do sistema de cultivo, do estágio de maturação, da idade da cultivar, dentre outros (SANTOS et al., 2013). No Quadro 1 é apresentada a composição média da cana cultivada no Brasil.

QUADRO 1. Composição química da cana-de-açúcar

Cana-de-açúcar (100%)	Fibra (8 a 16%) Caldo (84 a 92%)
Caldo (84 a 92%)	Sólidos solúveis - brix (18 a 25%) Água - umidade (68 a 76%)
Sólidos solúveis - brix (18 a 25%)	Açúcares (14 a 23%) Não açúcares (1,0 a 2,5%)
Não açúcares (1,0 a 2,5%)	Orgânicos (0,8 a 1,8%) Inorgânicos (0,2 a 0,7%)
Açúcares (14 a 23%)	Sacarose (13 a 22%) Glucose (0,1 a 1,0%) Frutose (0,0 a 0,6%)

Fonte: modificado de SANTOS et al. (2013).

A parte morfológica de interesse comercial é o colmo, que possui sacarose, frutose e glicose. Para que a industrialização dos colmos da cana-de-açúcar ocorra com viabilidade econômica, é imprescindível a determinação de sua maturação. Para tanto, são empregados uma combinação de métodos baseados em critérios empíricos (aspecto do canavial), técnicos (análises refratométricas e químico-tecnológicas) e científicos (SILVA et al., 2015).

Geralmente são realizadas análises para determinação do índice de maturação e outros parâmetros tecnológicos na pré-colheita, utilizando-se um refratômetro de campo para determinação do índice de maturação, e coletando-se feixes de cana, encaminhados para o laboratório, determinando-se o teor de sólidos solúveis (Brix), teor de sacarose (Pol), açúcares redutores (AR) e fibra botânica, possibilitando o cálculo da pureza. Em contrapartida, as análises tecnológicas realizadas em pós-colheita têm por objetivo a comprovação da qualidade constatada nos primeiros resultados, obtida na pré-colheita (SILVA et al., 2015). Os parâmetros tecnológicos escolhidos para avaliação da maturação da matéria-prima podem ser avaliados de acordo com o Quadro 2.

QUADRO 2. Avaliação da maturação da cana-de-açúcar por meio de análises tecnológicas

Parâmetros tecnológicos	Início da safra (%)	Decorrer da safra (%)
Brix	18,0	18,0
Pol	14,4	15,3
Açúcares redutores	1,5	1,0
Pureza aparente	80,0	85,0
Açúcar	10,4	11,4

Fonte: SILVA et al. (2015).

Ripoli e Ripoli (2004) propuseram um conjunto de parâmetros para a cana-de-açúcar visando à avaliação na indústria, tanto em termos de riqueza da cana em açúcares como a qualidade final do produto (Quadro 3).

Ressalta-se que, dentre os parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar, o mais atrativo do ponto de vista econômico, por basear o pagamento da cana, é o teor de sacarose e pureza dos colmos. A faixa considerada ideal para o teor de sacarose na cana varia de 12 a 18%, sendo esta condicionante o rendimento industrial na produção de açúcar (SILVA et al., 2015). Silva et al. (2014) relatam que dentre os parâmetros tecnológicos de qualidade da cana-de-açúcar, o açúcar total recuperável (ATR) é fundamental para a indústria e para os produtores visto que, em função desta variável as unidades industriais elaboram o preço pago aos produtores.

Os parâmetros Pol, ATR e Brix são influenciados pela variedade, pelo ambiente de produção e, sobretudo pela disponibilidade de água uma vez que o teor de açúcar costuma ser adversamente afetado pelo excesso de umidade no estágio de maturação (SILVA et al. 2014). O valor de Pol de 13% viabiliza o processamento industrial, enquanto 18% é o valor de Brix considerado adequado no decorrer da safra (SILVA et al., 2015).

QUADRO 3. Principais parâmetros de qualidade da cana-de-açúcar

Indicadores da qualidade	Valores recomendados
POL	> 14%
Pureza	<85%
ATR	<15%
AR	<0,8%
Fibra botânica	11 a 13%
Tempo de queima/corte	<35 h para corte manual
Impureza mineral	<5kg/t cana
Contaminação	<5,0 x 10 ⁵ bastonetes/ml no caldo
Teor de álcool no caldo	<0,6% ou 0,4% Brix
Acidez sulfúrica	<0,80
Dextrana	<500 ppm/Brix
Amido	<500 ppm/Brix
Broca	<1,0%
Palhiço na cana	<5,0%
Ácido aconítico	<1.500 ppm/Brix

Fonte: Adaptado de RIPOLI e RIPOLI (2004).

Valores médios de fibra botânica ideal variam de 10,5 a 12,5%, considerados importantes para a manutenção energética das indústrias que processam a cana-de-açúcar. Isso porque o valor de fibra botânica na cana-de-açúcar inferior a 10,5% é indesejável devido ao balanço energético nas usinas e alambiques, tendo em vista a necessidade de queimar mais bagaço para manter o poder calorífico nas caldeiras (FERNANDES, 2003).

Silva et al. (2015) relatam uma faixa ideal para a fibra botânica entre 12 e 14%, uma vez que valores superiores acarretam redução da capacidade de extração, com redução da eficiência da moenda. Silva et al. (2014) em estudo realizado com diferentes variedades, incluindo a RB855536, encontraram teor médio de fibra botânica entre 13,6 e 12,8%, nos primeiro e segundo ciclos de avaliação, considerados adequados; e Simões et al. (2015) que reportaram valores crescentes entre 13,8, 14,9 e 16,6% de cana-planta para primeira e segunda socas, respectivamente, ou seja, com valores superiores a 14% nas socas.

Os açúcares redutores são monossacarídeos encontrados no caldo de cana, representados principalmente por glicose (dextrose) e frutose (levulose) (SILVA et al., 2015). A principal influência dos açúcares redutores no processamento do caldo de cana-de-açúcar é devido aos efeitos dos produtos de sua decomposição (formam compostos altamente coloridos - complexos de condensação coloidal, e substâncias melassigênicas – ácido aspártico) além da interferência negativa na morfologia final dos cristais de sacarose (DELGADO e CESAR, 1977).

Simões et al. (2015) estudando o desempenho de variedades durante três ciclos, observaram valores de AR abaixo de 0,8%, sendo, portanto, um indicador considerado adequado por Ripoli e Ripoli (2004).

A qualidade tecnológica da matéria-prima da cana-de-açúcar, com base nos indicadores referidos, pode ser melhorada, principalmente, com o uso de adequado controle de maturação das variedades, além de outras medidas muito específicas em função do parâmetro tecnológico (SILVA et al., 2015).

2.4 Preparo do solo para cana-de-açúcar

Tradicionalmente no cultivo da cana-de-açúcar, os sistemas de preparo mais utilizados, para a implantação e/ou reforma do canavial, são: a) convencional; b) reduzido (cultivo mínimo); 3) plantio direto.

O preparo convencional realizado, inicialmente, para o plantio de cana-de-açúcar, consiste de operações sucessivas como aração, gradagem, subsolagem e sulcação profunda. As sucessivas mobilizações do solo em razão do sistema convencional, sob condições inadequadas de água e cobertura vegetal, modificam a estrutura do solo, transformando a camada arável em superfície pulverizada e a subsuperficial compactada; porém, em sistema plantio direto, em que o plantio/semeadura é feito sem o preparo do solo, os restos culturais são mantidos na superfície, sendo um sistema mais eficaz na proteção da superfície do solo contra agentes erosivos (KAMIMURA et al., 2009).

O preparo de solo para implantação do canavial representa uma etapa crucial para a longevidade da cultura, considerando que este só será revolvido novamente, após o quinto ou sexto corte, conforme o manejo e a variedade. Entretanto, em áreas anteriormente cultivadas com grãos (soja e milho), têm-se questionado a necessidade do preparo convencional, pois geralmente estes solos apresentam boa fertilidade e sem restrições físicas (CARVALHO et al., 2011). Algumas usinas do Mato Grosso do Sul, conforme Carvalho et al. (2011), têm optado pelo cultivo mínimo, utilizando-se o subsolador, a fim de garantir a incorporação do calcário e gesso nas camadas mais profundas do perfil. Este equipamento é dotado de discos de corte na parte frontal das hastes e rolo destorroador na parte posterior para nivelamento da superfície do solo.

O cultivo mínimo ou preparo reduzido em comparação com sistemas de preparo convencional tem promovido melhoria da qualidade física do solo. Avaliando o efeito de sistemas de preparo do solo sobre atributos físicos em cana-de-açúcar em

sucessão com o amendoim, André (2009) verificou melhores resultados para macroporosidade, microporosidade, porosidade total, resistência à penetração; porém, isso não se refletiu na produtividade que teve o menor valor nesse sistema quando comparado ao preparo convencional, cultivo mínimo + gradagem e plantio direto.

No sistema plantio direto (SPD), conforme Martins Filho et al. (2015), há ausência de preparo do solo e manutenção dos resíduos em superfície, e o plantio é realizado diretamente em solo não revolvido, utilizando-se de máquinas especiais. Este sistema na implantação do canavial, em que o colmo-semente é colocado em sulcos ou covas, sob a resteva da cultura anterior, sem um preparo do solo, tem dois pressupostos básicos: a) não movimentação do solo, exceto na linha de semeadura ou cova; b) a manutenção da resteva da cultura anterior sobre a superfície do solo.

Com o advento da colheita mecanizada da cana crua, é desejável a adoção dos princípios da agricultura conservacionista, ou seja, somado ao mínimo revolvimento do solo e manutenção de resíduos na superfície, deve ser implementado a rotação de culturas e controle de tráfego (DERPSCH et al., 2011).

Conforme Cury et al. (2014), o SPD apresenta esses princípios e compreende aproximadamente 25 milhões de hectares com produção de grãos no Brasil; porém, é muito pouco utilizado na cultura da cana-de-açúcar. Os autores comentam, entretanto, que no início da década de 1980, a cana-de-açúcar foi uma das primeiras culturas a testar o herbicida glifosato, com finalidade de reduzir operações de preparo do solo, sistema conhecido como cultivo mínimo. Contudo, ainda no sistema de cana queimada, os custos elevados do glifosato inviabilizaram seu uso e favoreceram a destruição mecanizada da soqueira, reduzindo o custo em cerca de 30% (COLETI, 2014; BOLONHEZI e GONÇALVES, 2015).

Pelo fato de a cana-de-açúcar ser uma cultura semi-perene, a prática do SPD torna-se inviável, uma vez que uma das exigências básicas para a consolidação do sistema não é cumprida: a rotação de culturas. No entanto, na reforma do canavial, alguns agricultores têm lançado mão do preparo reduzido e do plantio direto na palha da cana, na semeadura da cultura em sucessão com a cana-de-açúcar, embora poucas avaliações sejam realizadas sobre os efeitos desses manejos sobre o desenvolvimento da cana-de-açúcar que vem em sucessão (ANDRÉ, 2009).

A manutenção dos resíduos culturais uniformemente distribuídos sobre a superfície, reduzem a erosão, uma vez que a sua presença aumenta a rugosidade hidráulica dessa superfície, o que reduz a velocidade e profundidade do fluxo de enxurrada. Tal

manutenção de resíduos culturais na superfície do solo em SPD, associada à mobilização deste apenas na linha de semeadura e à rotação de culturas, é o grande fator responsável pelo manejo facilitado das plantas daninhas e pela recuperação e manutenção física do solo que, por sua vez, reduz acentuadamente a erosão, amenizando perdas de solo, água e nutrientes (MARTINS FILHO et al., 2009).

De acordo com Storino et al. (2010), o uso do plantio direto é cada vez mais adotado na cultura canavieira, sendo muitos os relatos de diferentes formas de operacionalização nas usinas; entretanto, normalmente o plantio direto é realizado em área que foi liberada para reforma e plantio de cana de ano e meio. Os autores relatam, ainda, que, em algumas usinas, o SPD é constituído pelas seguintes fases: em área de reforma, é feita aplicação dos corretivos e erradicação química da soqueira e das plantas daninhas existentes; em seguida, faz-se o plantio direto da soja nas entrelinhas da soqueira e, após a colheita da soja, são feitos a sulcação do terreno e plantio da cana.

De modo semelhante Santos Junior et al. (2015) citam que a mudança do sistema convencional para o plantio direto de cana requer duas fases: implantação e estabelecimento. Na implantação, com a realização do preparo do solo convencional, há a correção química (incorporação de corretivos e fertilizantes) e física (eliminação de possíveis camadas compactadas) do solo. Juntamente com a eliminação de plantas daninhas, a fase de implantação é fundamental para o processo de conversão das áreas do sistema de plantio convencional para o sistema plantio direto. No entanto, uma vez vencidas tais restrições, é possível atingir a fase de estabelecimento do SPD e não mais preparar o solo, mantendo-se coberto o solo com o palhicho remanescente com revolvimento apenas no sulco de plantio. Ao longo dos ciclos, porém, serão necessárias algumas medidas de manejo da cultura, tais como adubações de manutenção; aplicação em superfície de calcário e gesso; manejo de plantas daninhas e rotação de culturas e erradicação química da soqueira.

De acordo com Duarte Júnior e Coelho (2008), a cultura da cana-de-açúcar permite a utilização de plantas de cobertura para reciclagem de nutrientes e proteção do solo, uma vez que o canavial é reformado, normalmente após o quarto ou quinto corte. Nessa reforma, o solo permanece desprovido de vegetação por vários meses, sendo frequente a ocorrência de elevadas precipitações pluviiais neste período, tornando bastante severos os problemas decorrentes de erosão hídrica do solo, agravado pelo manejo inadequado do solo com o tradicional preparo convencional.

Com o objetivo de avaliar a interação manejo do solo (plantio direto e preparo convencional) versus culturas de cobertura (crotalária, feijão-de-porco e mucuna-preta) em sucessão com a cana-de-açúcar, Duarte Júnior e Coelho (2008) observaram que o plantio direto de cana-de-açúcar sobre leguminosas proporcionou maiores teores de N e K na cana do que no preparo convencional de cana com vegetação espontânea incorporada, além de maiores valores de número, diâmetro e produtividade de colmos, em relação à cana sob preparo convencional. Ressaltaram, ainda, o fato de que o uso de leguminosas no plantio direto da cana sem adubação foi apenas 4% menor do que com aplicação de adubo, enquanto que a cana sob preparo convencional apresentou queda de 24% quando não foi adubada, evidenciando que o decréscimo da produtividade devido à ausência de adubação foi agravado quando não se empregou o SPD com a adubação verde.

Nas regiões canavieiras tradicionais do Brasil, o cultivo de leguminosas comerciais ou adubos verdes no período de reforma é prática conhecida desde a década de 50 com notável conhecimento técnico-científico e validações comerciais para a condição de colheita queimada. Contudo, com o sistema de colheita de cana crua, a grande quantidade de palhço, remanescente das colheitas sucessivas demanda o emprego de tecnologias adequadas na reforma do canavial, com finalidade de reduzir custos, diminuir riscos com erosão e manter estabilidade de produção (BOLONHEZI e GONÇALVES, 2015).

De acordo com Ambrosano et al. (2011), o uso de leguminosas próprias para adubo verde favorece a infecção e multiplicação dos FMA (fungos micorrízicos arbusculares). Ao estudarem o efeito do cultivo prévio de leguminosas (crotalária, mucuna-preta e amendoin) sobre a produtividade e lucratividade da cana-de-açúcar, verificaram, na média de 5 colheitas, que o cultivo prévio de *Crotalaria juncea* IAC-1 proporcionou incrementos de 10 t ha⁻¹ na produtividade de colmos e 3,3 t ha⁻¹ na de açúcar, em comparação à testemunha, sendo que esta leguminosa proporcionou também a melhor relação custo-benefício para ser usada em cultivo prévio à instalação do canavial, destacando-se em relação à produção de material vegetal e ao acúmulo de nutrientes, em especial ao de N.

Conforme Veronese et al. (2012), a incorporação do calcário em profundidade tem sido limitada pelo custo energético e operacional elevado, fato este que, em conjunto com os referidos resultados de pesquisa, pode viabilizar e expandir ainda mais o SPD no sistema de produção da cana-de-açúcar, sobretudo em ambientes com boa disponibilidade hídrica ou baixa ocorrência de veranicos.

Em relação ao manejo da acidez do solo em cana-de-açúcar, Santos Junior et al. (2015) afirmam que, em comparação aos cultivos de grãos, essa cultura é mais tolerante à acidez do solo (pH e alumínio tóxico), e que a aplicação de calcário e gesso em superfície, ao invés de incorporado ao solo, não impacta negativamente na produtividade de cana-planta. No entanto, defendem que a incorporação de corretivos na fase de implantação do SPD de cana é fundamental, visando ao aumento das cargas pH dependentes principalmente em solo de baixa CTC potencial como também maior disponibilidade de outros nutrientes, além da atividade de microrganismos do solo.

Para a implantação do SPD de cana faz-se necessário o uso de sulcadores que realizam sequencialmente e em uma só passada o corte da palha, a sulcação e a adubação de plantio, mesmo em áreas que contenham grandes volumes de palha ou de fitomassa sobre o solo. Esse tipo de implemento é normalmente tracionado por tratores 4x4 utilizando em torno de 50 cv por linha de plantio. Normalmente, os conjuntos fazem plantio de 2 ou 3 linhas, cujo espaçamento pode ser ajustado entre 1,10 e 1,50 m. O corte da palha é feito por discos que normalmente são de 24 polegadas e semi-oscilantes. As hastes sulcadoras, normalmente, apresentam um sistema de desarme automático, o que evita quebras e grandes paradas. Cada linha é equipada com depósito de fertilizantes e um sistema de dosagem e distribuição (STORINO et al., 2010).

Entre os fatores importantes para a conservação do solo na cultura da cana-de-açúcar, o preparo do solo tem como principal finalidade a atenuação ou eliminação dos fatores relacionados a impedimentos físicos, químicos e biológicos. A escolha do tipo de preparo do solo para cana-de-açúcar pode variar em função do tipo de solo, condição de umidade (época do ano), presença ou não de plantas daninhas, necessidade de correção física e/ou química do solo, disponibilidade de ferramentas e maquinário, entre outros.

Neste contexto, podemos observar que nas usinas é necessária uma avaliação global do sistema a fim de escolher o sistema de preparo do solo mais adequado às condições das áreas. Por exemplo, uma área que necessita de recuperação química em profundidade (ou área de pastagem) deverá ser preparada no sistema convencional, usando principalmente o arado, para possibilitar a incorporação profunda dos corretivos e das sementes. O uso do subsolador é indicado para áreas em que a recuperação química em profundidade já foi efetuada. Áreas devidamente recuperadas quimicamente e sem restrição biológica (pragas em nível controlado) podem ser direcionadas ao preparo reduzido ou ao plantio direto. Portanto, o sistema de preparo a ser escolhido será realizado após criteriosa avaliação das condições existentes.

2.5 Indicadores de qualidade física do solo

O sistema de produção da cana-de-açúcar envolve o uso de máquinas agrícolas em diferentes etapas, desde o preparo do solo até a colheita da matéria-prima (BAQUERO et al., 2012). Sendo, portanto, um sistema produtivo que requer intensa mecanização agrícola altamente tecnificada em todo o ciclo da cultura, com máquinas modernas e versáteis que executem trabalhos com máxima eficiência e baixo custo, a fim de destinar matéria-prima de qualidade à agroindústria (SOUZA et al., 2012).

Como consequência da intensificação da mecanização para produção de cana-de-açúcar, têm-se observado problemas de degradação do solo, sendo o principal a compactação (SILVA e CASTRO, 2015; MARASCA et al., 2015; VISCHI FILHO et al., 2015), que pode afetar a produção e a longevidade da cana-de-açúcar (CAMILOTTI et al., 2005; FAGUNDES et al., 2014), bem como a área explorada pelo sistema radicular (BAQUERO et al., 2012; MARASCA et al., 2015).

O preparo do solo, se executado em condições adequadas, proporciona melhorias nas funções do solo como aeração, disponibilidade e retenção de água e nutrientes e estrutura, envolvidas no crescimento e desenvolvimento radicular (VALADÃO et al., 2015). Logo, na cultura da cana-de-açúcar, esta operação é crucial já que é realizada apenas no momento do plantio e renovação do canavial (CARVALHO et al., 2011).

No entanto, no sistema de preparo convencional, a sequência de operações com máquinas e implementos pesados, promove a compactação e afeta a estrutura do solo, com alteração de atributos físicos do solo (CAMILOTTI et al., 2005; CARVALHO et al., 2011; MARASCA et al., 2015), e havendo assim, redução da qualidade do solo nos sistemas em que ocorre mobilização convencional, devido às modificações ocasionadas nos atributos físicos, como aumento da densidade do solo e resistência do solo à penetração (LAURINDO et al., 2009; MARASCA et al., 2015; SILVA e CASTRO, 2015).

Aliado a isso, a expansão de sistemas de produção de cana-de-açúcar sem considerar à aptidão dos solos para uso e manejo, pode inserir a estes agrossistemas solos suscetíveis à degradação estrutural como os Latossolos que, ao serem submetidos às pressões mecânicas decorrentes do constante tráfego de máquinas, possuem tendência à compactação subsuperficial, a qual representa impedimento físico ao desenvolvimento e aprofundamento da maior parte das raízes de cana-de-açúcar (BAQUERO et al., 2012; CURY et al., 2014; OLIVEIRA FILHO et al., 2015; VISCHI FILHO et al., 2015).

Como consequência de tais práticas, a compactação do solo tem sido apontada como o principal fator responsável pela limitação da produção agrícola, uma vez que provoca aumento nos valores de densidade do solo e resistência à penetração, bem como reduz a porosidade total e a macroporosidade do solo (SOUZA et al., 2005; ROQUE et al., 2010; ROQUE et al., 2011; SOUZA et al., 2012; SOUZA et al., 2014).

A densidade do solo é determinada pela relação entre massa de solo seco e o volume total que essa massa ocupa incluindo o espaço ocupado pelo ar e pela água. É afetada pela cobertura vegetal, pelo grau de compactação, pelo teor de matéria orgânica, pelo uso e manejo do solo, e pela profundidade (CARVALHO et al., 1999; SILVA et al., 2000); ou seja, por praticamente todos os fatores que se relacionam à estrutura do solo (AGUIAR, 2008). Sendo, assim, um importante indicador de qualidade do solo devido a sua resposta ao uso e manejo do solo (PORTUGUAL et al., 2010; MOTA et al., 2011; VIANA et al., 2011).

A porosidade do solo depende diretamente da estrutura e da textura, sendo os poros determinados pelo arranjo e geometria das partículas, que podem ser diferenciados quanto à tortuosidade, forma, comprimento e largura. O estudo dos poros é baseado usualmente na distinção quanto ao diâmetro dos poros em macroporos e microporos, nos quais estão associados os processos de aeração e drenagem, e retenção de água, respectivamente (AGUIAR, 2008). Em solos arenosos a tendência é que ocorra predominância de macroporos e, por outro lado, predominância de microporos nos solos argilosos. Para estudar o armazenamento e movimentação de água do solo, bem como a aeração, torna-se importante conhecer a distribuição dos poros. Solos com textura grosseira tem maior proporção de macroporos, sendo bem drenados e arejados enquanto solos com textura fina tem capacidade de drenagem inferior, porém a porosidade total é maior, devido a maior formação de microagregação pelas partículas de argila, retendo com isso mais água (KIEHL, 1979).

Segundo Kiehl (1979), em solos minerais, a densidade do solo deve permanecer no intervalo entre 1,1 a 1,6 Mg m^{-3} , podendo assumir valores superiores a 1,6 Mg m^{-3} em solos de textura arenosa. Camargo e Alleoni (1997) consideraram como crítico, em solos variando de franco-argilosos a argilosos, o valor de densidade na ordem de 1,55 Mg m^{-3} .

Valores de densidade do solo acima de 1,60 Mg m^{-3} , segundo Junior et al. (2013), para solos com textura franco-argilo-arenosa, são considerados restritivos ao crescimento do sistema radicular; enquanto 1,75 Mg m^{-3} , de maneira geral, é o valor

correspondente à densidade crítica, que impõe restrições severas ao crescimento das raízes. Ainda de acordo com os autores, o valor de $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$ seria ideal para esta classe textural.

Sá et al. (2016) ao avaliarem a compactação em Latossolos de textura argilosa a muito argilosa cultivados com cana-de-açúcar, destacaram valores máximos na faixa de $1,51$ a $1,59 \text{ Mg m}^{-3}$; enquanto Camargo e Alleoni (1997) consideraram crítico o valor de $1,55 \text{ Mg m}^{-3}$ em solos franco-argilosos a argilosos. Baquero et al. (2012) estudando atributos físicos de um Latossolo Vermelho eutroférico com cana-de-açúcar, com porcentagem de argila superior a 65%, destacaram que valores de $1,48 \text{ Mg m}^{-3}$ são considerados críticos ao crescimento e desenvolvimento radicular na camada abaixo de $0,10 \text{ m}$ de profundidade.

Klein e Libardi (2002) afirmaram que para o bom desenvolvimento das plantas há necessidade de, no mínimo, entre $0,06$ e $0,20 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ de macroporos, dependendo do tipo de solo. Para Kiehl (1979), a proporção adequada de microporos e macroporos é determinante para uma boa produção agrícola, sendo a proporção ideal considerada pelo autor a de 2:1, em que proporções superiores de microporos em relação à de macroporos podem indicar uma maior limitação à entrada e circulação de água.

No entanto, além do manejo do solo, a mineralogia do solo pode condicionar a densidade e a proporção de poros. Segundo Ferreira et al. (1999a), os Latossolos caulíníticos, em razão do ajuste face a face das placas de caulinita, desenvolvem um plasma denso, que lhes confere valores mais elevados de densidade do solo; assim, aos maiores teores de caulinita corresponderão Latossolos com os maiores valores de densidade. Os autores ainda afirmaram que a macroporosidade está correlacionada positivamente com o teor de Al_2O_3 do ataque sulfúrico e com o teor de argila, o que pôde explicar a maior macroporosidade observada no LVd, que mostrou maior quantidade de argila em relação ao LVdf. A distribuição dos grãos de quartzo em relação ao plasma é porfirogrânica, isto é, os grãos estão envoltos num plasma denso, contínuo, com pouca tendência ao desenvolvimento de microestrutura, razão do ajuste face a face das placas de caulinita, e o modelo caulínítico implica o desenvolvimento de macroestrutura do tipo em blocos, devendo originar Latossolos com maior densidade do solo, maior proporção de poros pequenos e menor permeabilidade (FERREIRA et al., 1999b).

Outro atributo que reflete o efeito das atividades antrópicas sobre a qualidade física do solo é a resistência do solo à penetração (RP) por estabelecer relação com o crescimento radicular das culturas (ARAÚJO et al., 2012), e com a densidade e a umidade

do solo (PORTUGUAL et al., 2010). Segundo Rosolem et al. (1999), valores críticos de resistência à penetração podem variar de 1,5 MPa a 4,0 MPa; embora, de maneira geral, valores próximos a 2,0 MPa são aceitos como impeditivos ao crescimento radicular (TORMENA et al., 1998). Também têm sido observado valores de resistência à penetração críticos para o desenvolvimento radicular em torno de 2,5 MPa, para pastagens (LEÃO, 2002); 3,0 MPa, para floresta; 3,5 MPa Sistema de Plantio Direto (GIAROLA et al., 2007).

Baquero et al. (2012) e Sá et al. (2016), estudando Latossolos argilosos cultivados com cana-de-açúcar, destacaram valores de 3,8 e 4,0 MPa, respectivamente, considerados altos por representarem limitação ao desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar. No entanto, valores de RP entre 3,0 e 4,0 MPa são considerados críticos para outras culturas em sistema plantio direto (BETIOLI JÚNIOR et al., 2012; GUIMARÃES et al., 2013).

No entanto, Sá et al. (2016) comentam que na literatura parece não haver consenso quanto ao valor de resistência mecânica à penetração limitante da cana-de-açúcar, dado à disparidade dos valores de RP, acrescentando que se houverem condições químicas e umidade favorável, e se a porosidade do solo permitir que ocorra difusão de oxigênio, as raízes podem sofrer deformações morfológicas e crescer através de pontos de menor resistência, mesmo em solo com valores elevados de resistência mecânica à penetração. Já Portugal et al. (2010) reforçam que os níveis críticos de resistência do solo para o crescimento das plantas variam com o tipo de solo e com a espécie cultivada, sendo difícil estabelecer limites críticos, já que variam com a densidade e a umidade do solo.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M.L.; SILVA, M.A.; TEODORO, I.; HOLANDA, L.A.; SAMPAIO NETO, G.D. Crescimento e produtividade de cana-de-açúcar em função da disponibilidade hídrica dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. **Bragantia**, Campinas, v.72, n.3, p.262-270, 2013.

AGUIAR, M.I.V. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. 2008. 79f. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas) – Universidade federal de Viçosa.

AMBROSANO, E.F.; CANTARELLA, H.; AMBROSANO, G.M.B.; ACHAMMAS, E.A.; DIAS, F.L.F.; ROSSI, F.; TRIVELIN, P.C.O.; MURAOKA, T.; SACHCS, R.C.; AZCÓN, R. Produtividade da cana-de-açúcar após cultivo de leguminosas. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.4, p.810-818, 2011.

ANDRÉ, J.A. **Sistemas de preparo de solo para cana-de-açúcar em sucessão com amendoim**. 2009. 32f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista.

ARAÚJO, E.A. KER, J.C. NEVES, J.C.L. LANI, J.L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, Guarapuava, v.5, n.1, p.187-206, 2012.

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.

ARNT, W.R. **Desempenho de variedades de cana-de-açúcar em duas épocas de colheita no Pontal do Paranapanema**. 2016. 44p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, 2016.

BAQUERO, J.E.; RALISCH, R.; CONTI, M.; TAVARES FILHO, C.; GUIMARÃES, M. F. Soil physical properties and sugarcane root growth in a red oxiso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.1, p.63-70, 2012.

BETIOLI JÚNIOR, E.; MOREIRA, W. H.; TORMENA, C. A.; FERREIRA, C. J. B.; SILVA, A. P.; GIAROLA, N. F. B. Intervalo hídrico ótimo e grau de compactação de um Latossolo Vermelho após 30 anos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 971-982, 2012.

BOLONHEZI, D.; GONÇALVES, N.H. Sucessão e rotação de culturas na produção de cana-de-açúcar. p.219-241. In: BELARDO, G.C.; CASSIA, M.T.; SILVA, R.P. da. **Processos agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar**. 1º Ed. Jaboticabal: SBEA, 2015. 608 p.

BUENO, E. **A viagem do descobrimento**. Rio de Janeiro: Objetiva, v.1, 1998. 137p. (Coleção Terra Brasilis)

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997. 132p.

CAMILOTTI, F.; ANDRIOLI, I.; DIAS, F.L.F.; CASAGRANDE, A.A.; SILVA, A.R.; MUTTON, M.; CENTURION, J.F. Efeito prolongado de sistemas de preparo do solo com e sem cultivo de soqueira de cana crua em algumas propriedades físicas do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.189-98, 2005.

CAMPOS, P.F.; ALVES JÚNIOR, J.; CASAROLI, D.; FONTOURA, P.R.; EVANGELISTA, A.W.P. Variedades de cana-de-açúcar submetidas à irrigação suplementar no cerrado goiano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, n.6, p.1139-1149, 2014.

CARVALHO, E.J.M.; FIGUEIREDO, MS.; COSTA, L.M. Compartimento físico-hídrico de um Podzólico Vermelho – Amarelo Câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.2, p.257-265, 1999.

CARVALHO, L.A.; SILVA JUNIOR, A.A.; NUNES, W.A.G.A.; MEURER, I.; SOUZA JÚNIOR, W.S. Produtividade e viabilidade econômica da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo no Centro-oeste do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.34, n.1, p.200-211, 2011.

COLETI, J.T. **A cultura da cana-de-açúcar em sistema plantio direto: spm (sistema de preparo mínimo)** – versão do spd em cana-de-açúcar. 2014. Disponível em http://www.infobibos.com/cursocana/alunos/aulas/Aula3/Preparo_de_solo_%20Uma_nova_visao.pdf. Acesso em: 01 novembro de 2017.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar**. Safra 2015/2016, Terceiro levantamento, v. 2, 70 p, dezembro/2015. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_12_27_16_30_01_boletim_cana_portugues_-3o_lev_-_16-17.pdf. Acesso em: 20 de setembro de 2017.

CURY, T.N.; MARIA, I.C.; BOLONHEZI, D. Biomassa radicular da cultura de cana-de-açúcar em sistema convencional e plantio direto com e sem calcário. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.38, n.6, p.1929-1938, 2014.

DAROS, E.; BESPALHOK FILHO, J.C.; ZAMBON, J.L.C.; IDO, O.T.; OLIVEIRA, R. A.; RUORO, L.; WEBER, H. RB966928 – Early maturing sugarcane cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.10, n.3, p.278-281, 2010.

DELGADO, A.A.; AZEREDO CÉSAR, M.A. **Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar de cana**. Vol.II. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1977.

DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T.; LANDERS, J.; RAIMBOW, R.; REICOSKY, D.; SÁ, J.C.M.; STURNY, W.G.; WALL, P.; WARD, R.C. About the necessity of adequately defining no-tillage - a discussion paper. In: WORLD CONGRESS OF CONSERVATION AGRICULTURE, 5.; 2011, Brisban. **Proceedings...**2011, p.90-91.

DUARTE JÚNIOR, J.B.; COELHO, F.C. A cana-de-açúcar em sistema de plantio direto comparado ao sistema convencional com e sem adubação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.6, p.576-583, 2008.

DUTRA FILHO, J.A.; MELO, L.J.O.T.; RESENDE, L.V.; ANUNCIÇÃO FILHO, C.J.; BASTOS, G.Q. Aplicação de técnicas multivariadas no estudo da divergência genética em cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.1, p.185-192, 2011a.

DUTRA FILHO, J.A.; MELO, L.J.O.T.; SIMÕES NETO, D.E.; ANUNCIÇÃO FILHO, C.J.; BASTOS, G.Q.; DAROS, E. Seleção de progênies e correlação de componentes de produção em cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.3, p.432-439, 2011b.

FAGUNDES, E.A.A.; SILVA, T.J.A.; SILVA, E.M.B. Desenvolvimento inicial de variedades de cana-de-açúcar em Latossolo submetidas a níveis de compactação do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.2, p.188-193, 2014.

FERNANDES, A.C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. 2.ed. Piracicaba: STAB, 2003. 240p.

FERREIRA, M.M.; FERNADES, B.; CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da Região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.3, p.507-514, 1999b.

FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos da Região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 23, n.3, p.515-524, 1999a.

GIAROLA, N.F.B.; TORMENA, C.A.; DUTRA, A.C. Degradação física de um Latossolo Vermelho utilizado para produção intensiva de forragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.5, p.863-873, 2007.

GUIMARÃES, R.M.L.; BLAINSKI, E.; FIDALSKI, J. Intervalo hídrico ótimo para avaliação da degradação física do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, n.6, p.1512-1521, 2013.

JUNIOR, A F.N.; SILVA, A.P.; NORONHA, N.C.; CERRI C. C. Sistemas de manejo do solo na recuperação de uma pastagem degradada em rondônia. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.37, n.1, p.232-241, 2013.

KAMIMURA, K.M.; ALVES, M.C.; ARF, O.; BINOTTI, F.F.S. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho sob cultivo de arroz de terras altas em diferentes manejos do solo e água. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.3, p.723-731, 2009.

KIEHL, J. **Manual de Edafologia**. Editora Agronômica Ceres, Ltda. São Paulo – SP, 1979. 263p.

KLEIN V. A.; LIBARDI P. L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um latossolo vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.26, n.4, p.857-867, 2002.

LAURINDO, M.C.O.; NÓBREGA, L.H.P.; PEREIRA, J.O.; MELO, D. de.; LAURINDO, E.L. Atributos físicos do solo e teor de carbono orgânico em sistemas de plantio direto e cultivo mínimo. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v.17, n.5, p.367-374, 2009.

LEAL, S.T. **A expansão da cultura da cana-de-açúcar e de usinas canavieiras na microrregião de Paranaíba Mato Grosso do Sul.** 2013. 57p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: área de concentração em Sistemas de produção) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2013.

LEÃO, T.P. **Intervalo hídrico ótimo em diferentes sistemas de pastejo e manejo da pastagem.** Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002. 58p. (Dissertação de Mestrado).

MARASCA, I.; LEMOS, S.V.; SILVA, R B.; GUERRA, S.P.S.; LANÇAS, K.P. Soil Compaction Curve of an Oxisol under Sugarcane Planted after In-Row Deep Tillage. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.39, n.5, p.1490-1497, 2015.

MARIN, F.; NASSIF, D.S.P. Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: Fisiologia, conjuntura e cenário futuro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.2, p.232-239, 2013.

MARTINS FILHO, 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.

MARTINS FILHO, M.V.; SIQUEIRA, D.S.; MARQUES JÚNIOR, J. Preparo dos solos tropicais. p. 149-176. In: BELARDO, G.deC.; CASSIA, M.T.; SILVA, R.P.da. **Processos agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar.** 1º Ed. Jaboticabal: SBEA, 2015. 608 p.

MORAIS, K.P.; MEDEIROS, S.L.P.; SILVA, S.D.A.; BIONDO, J.C.; BOELTER, J.H.; DIAS, F.S. Produtividade de colmos em clones de cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, Viçosa, v.64, n.3, p.291-297, 2017.

MOTA, M.S.; CREMON, C.; MAPELI, N.C.; SILVA, W.M.; MAGALHÃES, W.A.; CREMON, T. Qualidade e atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférico típico em diferentes sistemas de manejo, **Revista Agrarian**, Dourados, v.4, n.12, p.105-112, 2011.

NEVES, J.L.M.; MAGALHÃES, P.S.G.; MORAES, E.E.; ARAÚJO, F.V.M. Avaliação de perdas invisíveis na colheita mecanizada em dois fluxos de massa de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.787-94, 2006.

OLIVEIRA FILHO, F.X.; MIRANDA, N.O.; MEDEIROS, J.F.; SILVA, P.C.M.; MESQUITA, F.O.; COSTA, T.K.G. Zona de manejo para preparo do solo na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.2, p.186-193, 2015.

PEREIRA, A.H.F. **Atributos físicos do solo sob tipos de transbordo em colheita mecanizada de cana crua.** 2014. 54p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, 2014.

PORTUGUAL, A.F.; OSTA, A.D.V.; COSTA, L.M. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da zona da mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.3, p. 575-585, 2010.

PRADO, H.; PÁDUA JÚNIOR., A.L.; GARCIA, J.C.; MORAES, J.F.L.; CARVALHO, J. P.; DONZELI, P.L. Solos e ambientes de produção. p.179-204. In: DINARDO-

MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G.A. **Cana-de-açúcar**. 1º Ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 2010. 882p.

REIS, G.N. **Perdas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar crua em função do desgaste das facas do corte de base**. 2009. 73p. Tese (Doutorado em Agronomia / Ciência do solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e veterinárias, Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2009.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. 2004. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e transporte**. Piracicaba. 302p.

ROQUE, A.A. O.; SOUZA, Z.M.; ARAÚJO, F.S.; SILVA. G.R.V. Atributos físicos do solo e intervalo hídrico do solo de um Latossolo Vermelho distrófico sob controle de tráfego agrícola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.9, p.1536-1542, 2011.

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, 2010.

ROSOLEM, C. A.; FERNANDEZ, E. M.; ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C. A. C. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.821-828, 1999.

SÁ, M.A.C.; SANTOS JUNIOR, J.D.G.; FRANZ, C.A.B.; REIN, T.A. Qualidade física do solo e produtividade da cana-de-açúcar com uso da escarificação entre linhas de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1610-1622, 2016.

SANTOS JUNIOR, J.D.G.; SÁ, M.A.C.; OLIVEIRA, C.M.; FRANZ, C.A.B.; REIN, T.A.; SOUSA, D.M.G. **Sistema Plantio Direto de cana-de-açúcar no Cerrado**. Circular técnica 30, EMBRAPA, Planaltina, 2015. 8f.

SANTOS, F.; QUEIROZ, J. H.; COLODETTE, J. L.; RABELO, S. C. Qualidade da cana-de-açúcar para processamento industrial. In: SANTOS, F. BORÉM, A. **Cana-de-açúcar: do plantio à colheita**. 1º Ed. VIÇOSA: UFV, 2013, 257p.

SILVA JUNIOR, C.A.; CARVALHO, L.A.; CENTURION, J.F.; OLIVEIRA, E.C.A. Comportamento da cana-de-açúcar em duas safras e atributos físicos do solo, sob diferentes tipos de preparo. **Bioscience. Journal**, Uberlândia, v.29, n.1, p.1489-1500, 2013.

SILVA, A.A.; CASTRO, S.S. Indicadores macro e micromorfológicos da qualidade física de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar. **Mercator**, Fortaleza, v.4, n.3, p.169-185, 2015.

SILVA, F.C.; MUTTON, M.J.R.; CESAR, M.A.A.; MACHADO JUNIOR, G.R.; MUTTON, M.A.; STUPIELLO, J.P. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima. p. 288-359. In: SILVA, F. C.; ALVES, B. J. R.; FREITAS, P. L. **Sistemas de produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada à produção de energia e alimentos**. 1º Ed. Brasília: Embrapa, 2015. 586p.

SILVA, G.C.; OLIVEIRA, F.J.; ANUNCIAÇÃO FILHO, C.J.; SIMÕES NETO, D.E.; MELO, L.J.O.T. Divergência genética entre genótipos de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.1, p.52-58, 2011.

SILVA, M.A.; ARANTES, M.T.; RHEIN, A.F.L.; GAVA, G.J.C.; KOLLN, O.T. Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.3, p.241-249, 2014.

SIMÕES, W.L.; CALGARO, M.; COELHO, D.S.; SOUZA, M.A.; LIMA, J.A. Respostas de variáveis fisiológicas e tecnológicas da cana-de-açúcar a diferentes sistemas de irrigação. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.46, n.1, p.11-20, 2015.

SOUZA, G.S.; SOUZA, Z.M.; SILVA, R.B.; ARAÚJO, F.S.; BARBOSA, R.S. Compressibilidade do solo e sistema radicular da cana-de-açúcar em manejo com e sem controle de tráfego. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.4, p.603-612, 2012.

SOUZA, G.S.; SOUZA, Z.M.; SILVA, R.B.; BARBOSA, R.S.; ARAÚJO, F.S. Effects of traffic control on the soil physical quality and the cultivation of sugarcane. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, n.1, p.135-146, 2014.

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**, v.40, n.3, p.271-278, 2005.

STORINO, M.; PECHE FILHO, A.; KURACHI, S.A.H. Aspectos operacionais do preparo do solo. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. Cana-de-Açúcar. Campinas: **Instituto Agrônômico e Fundação- IAC**, 2010. Cap.25, p.547-572.

TAVARES, O.C.H.; LIMA, E.; ZONTA, E. Crescimento e produtividade da cana planta cultivada em diferentes sistemas de preparo do solo e de colheita. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.32, n.1, p.61-68, 2010.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.2, p.573-581, 1998.

VALADÃO, F.C.A.; WEBER, O.L.; VALADÃO JÚNIOR, D.D.; SCARPINELLI, A.; DEINA, F.R.; BIANCHINI, A. Adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.39, n.1, p.243-255, 2015.

VERÍSSIMO, M.A.A.; SILVA, S.D.A.; AIRES, R.F.; DAROS, E.; PANZIERA, W. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos precoces de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.4, p.561-568, 2012.

VERONESE, M.; FRANCISCO, A.B.; ZANCANARO, L.; ROSOLEM, C.A. Plantas de cobertura e calagem na implantação do sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.8, p.1158-1165, 2012.

VIANA, E.T.; BATISTA, M.A.; TORMENA, C.A.; COSAT, A.C.S.; INOUE, T.T. Atributos físicos e carbono orgânico em Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.6, p.2105-2114, 2011.

VISCHI FILHO, O.J.; SOUZA, Z.M.; SILVA, R.A.; LIMA, C.C.; PEREIRA, D.M.G.; LIMA, M. E.; SOUSA, A. C. M.; SOUZA, G. S. Capacidade de suporte de carga de Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e efeitos da mecanização no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n.4, p.322-332, 2015.

4. ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SUBMETIDO A PLANTIO DIRETO E PREPARO REDUZIDO PARA CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO

O tráfego de máquinas e o preparo convencional podem causar degradação do solo, afetando a produção e a longevidade do canavial. Objetivou-se avaliar o efeito do preparo do solo nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférrico cultivado com cana-planta. O experimento foi conduzido na FAECA-UFGD onde a área experimental foi dividida em duas subáreas, compostas pelo plantio direto (PD) e preparo reduzido (PR). Em cada preparo foram cultivadas oito cultivares de cana-de-açúcar em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Nas unidades experimentais, avaliou-se a resistência à penetração (RP) com penetrômetro de campo a partir de cinco medições, nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40 m e também a RP média e máxima no perfil de 0-0,40 m. Amostras com estrutura preservada foram coletadas para avaliação dos atributos físicos do solo: densidade; macroporosidade; microporosidade; umidade do solo e resistência à penetração no anel com penetrômetro de bancada. Ocorrem maiores valores de RP nas camadas superficiais de solo em ambos os preparos. Em geral, a avaliação da RP máxima nas camadas superficiais de solo evidencia valores críticos de RP (4,00 a 6,00 MPa). Em PR ocorrem maiores valores de RP máxima na camada superficial, enquanto em PD estes ocorrem nas camadas 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m. O manejo do solo não foi suficiente para influenciar os atributos físicos do solo em cultivo de cana-planta.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., manejo do solo, mecanização agrícola.

SOIL PHYSICAL ATTRIBUTES WITH SUGARCANE IN UNDER REDUCED AND NO-TILLAGE

ABSTRACT

Machine traffic and conventional tillage can cause soil degradation, affecting the production and longevity of the cane field. The objective of this study was to evaluate the effect of soil preparation on the physical attributes of Oxisol cultivated with cane-plant. The experiment was conducted at FAECA-UFGD where the experimental area was divided into two subareas, composed by no-tillage (PD) and reduced tillage (PR). Eight sugarcane cultivars were grown in each preparation in a completely randomized design with four replications. In the experimental units, the penetration resistance (RP) with field penetration meter was evaluated from five measurements, in the layers of 0.00-0.10; 0.10-0.20; 0.20-0.30; 0.30-0.40 m and also the mean and maximum RP in the 0-0.40 m profile. Samples with preserved structure were collected to evaluate soil physical attributes: density; macroporosity; microporosity; soil moisture and resistance to penetration in the ring with bench penetrometer. Higher RP values occur in the soil surface layers in both treatments. In general, the evaluation of the maximum PR in the soil surface layers shows critical PR values (4.00 to 6.00 MPa). In PR, higher values of maximum RP occur in the superficial layer, while in PD these occur in layers 0.20-0.30 and 0.30-0.40 m. Soil management was not sufficient to influence soil physical attributes in cane-plant.

Keywords: *Saccharum* spp., soil management, agricultural mechanization.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por produtos derivados da cana-de-açúcar é responsável pelo crescimento do setor sucroenergético brasileiro, por meio da expansão dos canaviais e investimentos na construção de novas usinas no Brasil e principalmente no Mato Grosso do Sul. Para atender tal demanda, o setor requer intensa mecanização agrícola altamente tecnificada em todo o ciclo da cultura, com máquinas modernas e versáteis que executem trabalhos com máxima eficiência e baixo custo, a fim de destinar matéria-prima de qualidade à agroindústria (SOUZA et al., 2012).

No sistema de produção de cana-de-açúcar, as sucessivas operações mecanizadas do preparo do solo até a pós-colheita, resultam em problemas de degradação do solo, sendo o principal a compactação (SILVA e CASTRO 2015; MARASCA et al., 2015; VISCHI FILHO et al., 2015), que pode afetar a produção e a longevidade da cultura (FAGUNDES et al., 2014).

Neste contexto, o preparo do solo é uma das etapas mais importantes da produção de cana-de-açúcar, uma vez que é realizado apenas no momento do plantio e renovação do canavial, ou seja, após, no mínimo, 5 ou 6 ciclos da cultura, sendo, portanto, fundamental na longevidade do canavial (CARVALHO et al., 2011). Para tanto, se executado em condições adequadas, proporciona melhorias nas propriedades do solo como aeração, disponibilidade e retenção de água e nutrientes e estrutura, envolvidas no crescimento e desenvolvimento radicular (VALADÃO et al., 2015).

O preparo convencional se realizado, inicialmente, para o plantio de cana-de-açúcar, consiste de operações de aração e gradagens subsequentes, que afetam o desenvolvimento inicial da cultura, visto que alteram a estrutura do solo (MARASCA et al., 2015). Com isso, em geral, há redução da qualidade do solo em sistemas que a mobilização é grande, devido às modificações ocasionadas nos atributos físicos do solo, como aumento da densidade do solo e resistência à penetração (MARASCA et al., 2015; SILVA e CASTRO, 2015).

As intensivas mobilizações em razão do sistema convencional, sob condições de alto teor de água e pequena quantidade de cobertura vegetal no solo, modificam sua estrutura, transformando a camada arável em superfície pulverizada e a subsuperficial compactada; porém, no sistema plantio direto, ao contrário, em que o plantio/ semeadura é feito sem o preparo do solo, os restos culturais são mantidos na superfície, sendo um sistema mais eficaz na proteção da superfície do solo contra agentes erosivos (KAMIMURA et al., 2009).

Neste contexto, Silva e Castro (2015), estudaram o processo de compactação em diferentes perfis de Latossolo Vermelho Distroférrico (LVdf) cultivados com cana-de-açúcar, que foram corrigidos e descompactados, em diferentes usos anteriores. Verificaram em todos os perfis estrutura compactada e aumento nos valores de densidade e resistência à penetração do solo. Do mesmo modo, Marasca et al. (2015), ao avaliarem o efeito dos sistemas de preparo canteirizado e convencional do solo sob cultivo de cana-de-açúcar, observaram maiores valores de resistência do solo à penetração até 0,45 m de profundidade.

Sistemas de preparo conservacionistas, como o plantio direto e o preparo reduzido ou cultivo mínimo, pode ser uma opção sustentável, por reduzirem o revolvimento do solo, preservarem a estrutura do solo, e diminuïrem o custo de produção da cana-de-açúcar (CARVALHO et al., 2011). Por isso, tem se questionado o uso de operações sucessivas de preparo do solo para implantação de canaviais, visto que estes, muitas vezes, ocupam áreas sem restrição de fertilidade e impedimento físico, com maior demanda energética. Todavia, conforme Kamimura et al. (2009), há necessidade de informações acerca dos impactos da adoção de tais sistemas de manejo do solo, tanto ocasional como a longo prazo, a fim de estabelecer relação entre os efeitos da compactação, pelo não revolvimento do solo, com os atributos físicos do solo e o desenvolvimento da cultura em questão.

Por esta razão, objetivou-se avaliar o efeito do preparo do solo nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférico cultivado com cana-planta na região de Dourados-MS.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi instalado no município de Dourados, MS (22° 13' 58" S, 54° 59' 57" W", e altitude 418 m), em 21 de julho de 2016. O clima é do tipo Am, monçônico, com inverno seco, precipitação média anual de 1500 mm e temperatura média de 22°C (ALVARES, et al., 2013). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, textura argilosa, tendo na camada até 0,30 m de profundidade 603 g kg⁻¹ de argila, 147 g kg⁻¹ de silte e 250 g kg⁻¹ de areia.

A área destinada ao experimento foi dividida em duas subáreas, compostas pelo plantio direto e preparo reduzido. Em cada preparo foi feito o plantio manual das cultivares de cana-de-açúcar no dia 21 de julho de 2016, considerando a densidade de 15 gemas por metro. Foram cultivadas oito cultivares de cana-de-açúcar (RB965902, RB985476, RB966928, RB855156, RB975201, RB975242, RB036066 e RB855536) em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por 5 linhas de cana com 5 metros de comprimento, espaçadas de 1,50 m (37,5 m²), num total de 32 unidades experimentais por preparo.

O sistema de preparo reduzido consistiu de gradagem pesada, enquanto que o sistema plantio direto consistiu de controle mecanizado (trituração) das plantas daninhas, e posteriormente, abertura de sulcos para plantio onde houve mínimo revolvimento.

No preparo das parcelas, foram utilizados: triturador de palhas equipado com rotor de facas curvas de aço que trabalham em alta rotação, sulcador; e grade aradora, tipo off-set, de arrasto, com 16 discos de 0,76 m de diâmetro (30”) em cada seção, na profundidade de 0,15 m. No momento do preparo, o teor de água no solo médio era 0,24 kg kg⁻¹, e a RP de 2,24 MPa e 2,73 MPa, nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, respectivamente.

Para as operações de preparo e sulcação, foi utilizado o trator 4x2 New Holland, modelo 8030 de potência no motor de 89,79 kW (122 cv), rotação de 2200 rpm, 3ª marcha reduzida, pneus dianteiros 14.9-58 e traseiros 23.1-30, e massa de 4,51 Mg. Para a cobertura dos sulcos foi utilizado o trator 4x2 TDA Massey Ferguson, modelo MF292 de potência no motor 68,74 kW (92 cv), rotação de 2200 rpm, 3ª marcha reduzida, pneus dianteiros 7.50-18 e traseiros 18.4-34, e massa de 3,40 Mg.

Coleta e processamento de amostras de solo

Para avaliar apenas o efeito ocasional do preparo sobre os atributos físicos do solo, na fase de brotação da cultura, aos 45 dias após o plantio (DAP), foram retiradas amostras de solo com estrutura preservada por meio de anéis volumétricos (0,0557 m de diâmetro e 0,0441 m de altura), sendo as coletas realizadas na área útil de cada unidade experimental (32 repetições), retirando-se uma amostra de 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m de profundidade em três pontos nas duas entrelinhas centrais.

As amostras foram envolvidas em papel filme e acondicionadas em geladeira, visando o mínimo de alteração estrutural e perda de água. Após a preparação das amostras em laboratório, determinou-se a umidade do solo, empregando-se o método gravimétrico, determinando-se a massa do solo úmido.

Atributos físicos do solo

A porosidade total do solo foi obtida pela diferença entre a massa do solo saturado e a massa do solo seco em estufa a 110 °C durante 24 h (DONAGEMA et al., 2011); a microporosidade do solo determinada pelo método da mesa de tensão com uma coluna de água de 60 cm de altura, conforme Donagema et al. (2011). Pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade, obteve-se a macroporosidade. A densidade do solo

foi calculada pela relação entre a massa de solo seco a 110°C durante 24 h e o volume do anel volumétrico no qual o solo foi coletado (DONAGEMA et al., 2011).

Ao atingir o equilíbrio na tensão correspondente a coluna de água de 60 cm de altura, a RP foi determinada, por meio de penetrógrafo eletrônico com velocidade constante de penetração de 1 cm min⁻¹, diâmetro de base da haste de 4 mm e semiângulo de 30°. As amostras obtidas nos 5 mm superiores e inferiores da amostra foram descartadas, visando eliminar o efeito da periferia da amostra. A frequência de leituras de RP correspondeu à coleta de um valor a cada 0,25 s, obtendo-se 800 leituras por amostra, sendo utilizado o valor médio, conforme Bergamin et al. (2010).

Resistência mecânica do solo à penetração a campo

Foi realizado o teste de resistência mecânica do solo à penetração, 45 DAP, utilizando o penetrômetro de campo modelo PenetroLOG - PLG 1020, com aptidão eletrônica para aquisição de dados, nas mesmas camadas de solo, sendo coletados 5 pontos aleatórios no meio das entrelinhas na unidade experimental, determinando-se a RP estratificadas nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40 m, a média e a máxima, na camada 0-0,40 m perfil, cujo teor de água médio era de 0,24 kg kg⁻¹.

Análises estatísticas

Os dados da RP média e RP máxima, determinadas a campo, foram analisados por meio da estatística descritiva, para permitir à visualização geral do comportamento dos dados, além de verificada a normalidade dos mesmos utilizando o teste de Shapiro-Wilk; enquanto para todas as variáveis aplicou-se o teste t de Student para comparar os resultados entre os tratamentos (preparos do solo) com 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar apenas o efeito do preparo sobre os atributos físicos do solo, optou-se por realizar coletas imediatamente após o plantio, aos 45 DAP, considerando-se que neste momento não havia efeito das cultivares.

No resumo da análise estatística descritiva para os dados da resistência mecânica do solo à penetração (RP) em função dos sistemas de preparo do solo, nas camadas estudadas (Figura 1 e Quadro 1), observa-se comportamento distinto para a RP, em que a RP média apresentou valores bem menores do que a RP máxima do perfil do

solo. Esse fato indica que o uso da média da RP para propor ações de manejo do solo, pode não ser eficiente, devendo nesse caso observar o valor máximo da RP. Pode-se observar também uma diferença entre os valores mínimos do preparo reduzido (PR) para o plantio direto (PD), tanto na RP média como na máxima, conforme Girardello et al. (2014) provavelmente em razão da ação do dispositivo do implemento usado no PR responsável por reduzir a RP em profundidade em comparação ao PD ao atingir as camadas subjacentes de solo.

Nas camadas superficiais, pode-se observar aumento da RP o que se deve ao contínuo tráfego do trator responsável por promover compactação superficial, situação também verificada por Bergamin et al. (2010).

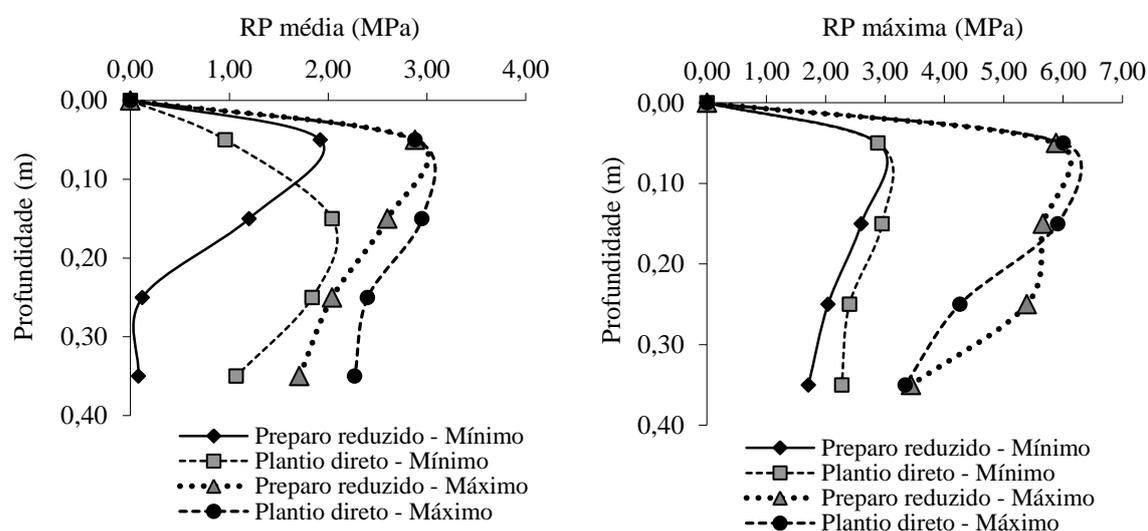


FIGURA 1. Representação gráfica da estatística descritiva dos dados de resistência do solo à penetração (RP) média e máxima (MPa) para os valores mínimos e máximos, nas camadas de 0,00-0,10 m; 0,10 a 0,20 m; 0,20-0,30 m e 0,30-0,40 m. Dourados - MS, 2016.

Analisando o conjunto de dados de RP média e máxima (Quadro 1), além das amplitudes consideráveis, os coeficientes de variação foram considerados baixos (MION et al., 2012; OLIVEIRA FILHO et al., 2015), com exceção da camada situada entre 0,20 a 0,40 m no PR. Oliveira Filho et al. (2015) em avaliação de RP em cultivo de cana-de-açúcar sob solo mobilizado encontraram menor variação de RP nas camadas superficiais de solo.

Possivelmente a mobilização superficial do solo em PR somado ao tráfego de máquinas e implementos para sulcação e cobertura dos sulcos provocou maior variação dos valores de RP média e RP máxima na entrelinha da cana nas camadas entre 0,20 a 0,40 m.

Enquanto que em PD, devido ao solo está estruturado na entrelinha da cana, houve maior ação da pressão dos rodados do trator na camada até 0,20 m de profundidade.

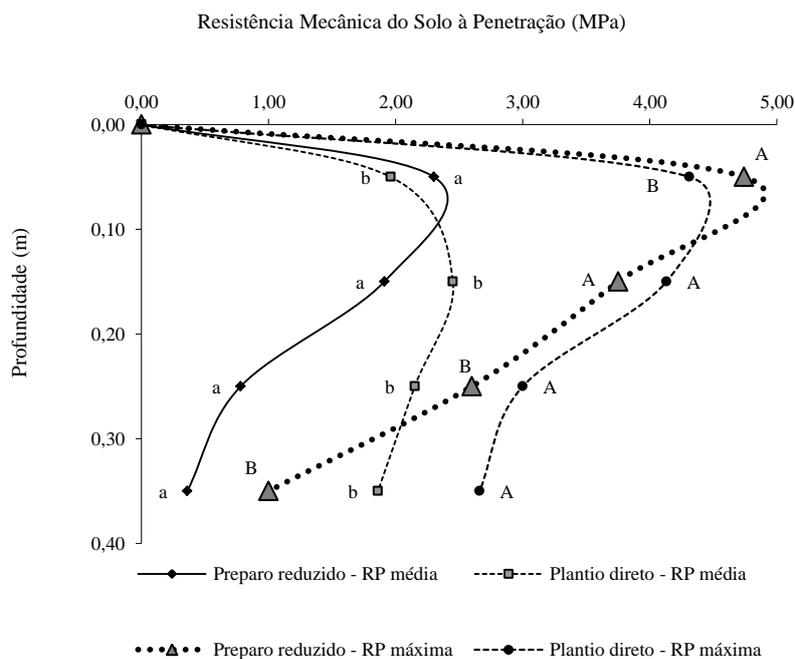
QUADRO 1. Estatística descritiva dos dados de resistência do solo à penetração (RP) média e máxima (MPa) para o coeficiente de variação e significância do teste de Shapiro-Wilk. Dourados - MS, 2016

Camadas (m)	RP média (MPa)				RP máxima (MPa)			
	PR	PD	PR	PD	PR	PD	PR	PD
	-----CV(%)-----		-----SW-----		-----CV(%)-----		-----SW-----	
0,00-10	11,69	27,10	0,14	0,69	13,93	22,20	0,96	0,98
0,10-0,20	19,84	10,00	0,30	0,67	21,73	23,42	0,88	0,96
0,20-0,30	78,86	7,58	0,05	0,52	33,64	15,56	0,94	0,90
0,30-0,40	136,44	12,30	0,00	0,027	113,66	12,61	0,77	0,97

RP - Resistência do solo à penetração; CV - Coeficiente de variação; SW - Nível de significância do teste Shapiro-Wilk = ajustam-se à distribuição normal as variáveis ($p > 0,05$).

Exceto na camada de 0,00-0,10 m, nota-se maiores valores de RP no PD do que no PR (Figura 2), no qual houve redução da RP com aumento da profundidade. Cortez et al. (2014) destacam que a menor RP encontrada na camada 0,0-0,10 m em relação às camadas subjacentes, pode ser atribuída à deposição de matéria orgânica que contribui para redução da densidade do solo, além do tráfego máquinas/implementos em área sem revolvimento do solo, que favorece a distribuição de pressões resultantes do contato solo-rodado, contribuindo para a formação de camadas compactadas e aumento da RP.

No PD, a RP teve comportamento distinto, com aumento da camada de 0,00-0,10 para 0,10-0,20 m, e redução até a profundidade de 0,30-0,40 m (Figura 2). O maior valor da RP na camada de 0,00-0,10 m em PR se deve, provavelmente, ao tráfego de máquinas na operação de cobertura dos sulcos. No PD, o maior valor da RP média na camada de 0,10-0,20 m, de acordo com Valadão et al. (2015), pode ser atribuído às pressões mecânicas oriundas do tráfego agrícola aliado ao não revolvimento do solo. Ressalta-se, porém, que os valores de RP média são baixos e não representam limitação ao desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar, visto que tais valores são inferiores a 4 MPa, conforme Oliveira Filho et al. (2015).



Letras minúsculas (RP média) e maiúsculas (RP máxima) distintas diferem entre preparos dentro da profundidade, pelo teste t de Student ($p < 0,05$).

FIGURA 2. Valores de resistência do solo à penetração médios (RP média) e resistência do solo à penetração máximos (RP máxima) em função do preparo, nas camadas de 0,00-0,10 m; 0,10-0,20 m; 0,20-0,30 m e 0,30-0,40 m de profundidade. Dourados - MS, 2016.

Observa-se que ao utilizar os valores de RP máxima o comportamento foi similar ao usar os de RP média (Figura 2), no entanto os valores foram maiores e houve uma aproximação das curvas do PD com PR, com valores críticos de RP nas camadas superficiais nos dois sistemas. Na camada de 0,10-0,20 m não se observou efeito do preparo do solo para RP máxima. Na camada de 0,00-0,10 m, nota-se maior valor de RP máxima no PR em relação ao PD. O aumento da RP máxima em superfície, em ambos os preparos, provavelmente, ocorreu devido ao tráfego de máquinas para plantio e cobertura de sulcos. Vischi Filho et al. (2015), avaliando o efeito do tráfego de máquinas no solo sob cultivos sucessivos com cana-de-açúcar, observaram em todos maiores valores de compactação na camada de solo até 0,30 m de profundidade; resultado semelhante ao deste estudo ao utilizar tanto RP média como RP máxima na avaliação em ambos os preparos do solo.

É possível visualizar a redução da RP máxima a partir da profundidade de 0,10 m até a camada de 0,30-0,40 m em ambos os preparos de solo, com decréscimo significativo no PR (Figura 2). De modo geral, caracterizam-se altos valores de RP máxima nas camadas superficiais de solo, já em ciclos de cana-plantada, o que pode

comprometer o desenvolvimento radicular da cultura. Conforme Oliveira Filho et al. (2015) e Marasca et al. (2015), valores superiores a 4 MPa representam limitação ao crescimento e desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar.

Sá et al. (2016) ao avaliarem a qualidade física de solo muito argiloso cultivado com cana-de-açúcar reportaram que RP crítica a penetração de raízes é de 3,8 MPa, destacando que a massa de raízes diminuiu com o aumento da compactação. Os autores ressaltaram, ainda, o fato de na literatura não existir valores de RP limitantes em cana-de-açúcar, visto que em condições químicas e de umidade adequadas as raízes podem crescer em pontos de menor RP no solo. No entanto, valores de RP entre 3,0 e 4,0 MPa são considerados críticos para outras culturas em sistema plantio direto, como relatado por Betioli Júnior et al. (2012) e Guimarães et al. (2013).

Para Oliveira Filho et al. (2015) e Vischi Filho et al. (2015) o monitoramento periódico da resistência mecânica do solo à penetração (RP) durante as fases e ciclo de desenvolvimento da cana-de-açúcar representa importante estratégia visando ao manejo da compactação e aumento da produtividade da cultura. Isso deve ser implementado principalmente em solos suscetíveis à compactação como os Latossolos que, ao serem submetidos às pressões mecânicas decorrentes do constante tráfego de máquinas, possuem tendência à compactação subsuperficial, a qual representa impedimento físico ao desenvolvimento da maior parte das raízes de cana-de-açúcar.

Os valores médios dos atributos físicos do solo indicam que não houve diferença entre os preparos para densidade do solo (Ds), resistência do solo à penetração no anel (RP), macroporosidade (Ma) e microporosidade do solo (Mi) e umidade do solo (U) (Quadro 2). Os sistemas de preparo do solo nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m tiveram comportamento semelhante em relação à Ds, com valores abaixo da faixa de 1,51 a 1,59 Mg m⁻³ considerados máximos por Sá et al. (2016) e Oliveira et al. (2012) ao avaliarem a compactação em Latossolos de textura argilosa a muito argilosa.

Pela distribuição da porosidade do solo (Quadro 2), podem-se verificar baixos valores de macroporosidade em ambos os sistemas, inferiores a 0,10 m³ m⁻³, mínimo adequado para as trocas líquidas e gasosas entre o ambiente externo e o solo, e considerado crítico para o crescimento das raízes da maioria das culturas como enfatizam Rossetti e Centurion (2013). Esperava-se, porém, que com a mobilização do solo no PR ocorresse aumento da macroporosidade e redução da microporosidade; no entanto, conforme Bergamin et al. (2010), em Latossolo Vermelho Distroférrico a composição mineralógica

da fração argila condiciona o comportamento da microporosidade em detrimento do manejo do solo, ao contrário do que ocorre com a macroporosidade.

QUADRO 2. Valores médios de densidade do solo (Ds), resistência do solo à penetração no anel (RP), macro (Ma) e microporosidade (Mi) e umidade do solo (U) em função do preparo reduzido (PR) e plantio direto (PD), nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade. Dourados - MS, 2016

Preparo do solo	Camada (m)				
	0,00-0,10				
	Ds Mg m ⁻³	Ma m ³ m ⁻³	Mi m ³ m ⁻³	U kg kg ⁻¹	RP MPa
PR	1,39 a	0,07 a	0,35 a	0,24 a	2,29 a
PD	1,41 a	0,07 a	0,36 a	0,24 a	2,16 a
0,10-0,20					
PR	1,38 a	0,07 a	0,36 a	0,24 a	2,07 a
PD	1,40 a	0,08 a	0,35 a	0,24 a	2,20 a

Letras minúsculas distintas diferem entre os preparos dentro da profundidade, pelo teste t de Student (p<0,05).

Resultado semelhante foi verificado por Rossetti e Centurion (2013) ao avaliarem o efeito de sistemas convencional e conservacionista de um Latossolo Vermelho, em que observaram valores de macroporosidade próximos a 0,10 m³ m⁻³ e de microporosidade próximos a 0,30 m³ m⁻³, com menores valores de microporosidade no convencional; diferindo deste estudo possivelmente em razão do tráfego agrícola na entrelinha da cana que, já no início do ciclo da cultura, promoveu compactação semelhante tanto no PR como no PD.

Araújo et al. (2013), avaliando dois sistemas de colheita de cana-de-açúcar em um Latossolo vermelho Distrófico sob preparo convencional, verificaram valores de macroporosidade semelhantes nas camadas avaliadas, porém com valores de microporosidade acima de 0,40 m³ m⁻³, o que pode indicar maior compactação nesta área. Vale destacar que as propriedades físicas são influenciadas pela composição mineralógica da fração argila de latossolos, a qual pode acarretar altos valores de Ds e menor macroporosidade, como nos latossolos cauliniticos quando comparados com Latossolos gibbsíticos, conforme Bergamin et al. (2010).

A RP média no anel em ambas as camadas foi baixa (Quadro 2) e não representa limitação ao desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar, haja vista que tais valores são inferiores a 3,8 MPa (SÁ et al., 2016). Resultados semelhantes foram obtidos por Marasca et al. (2015), que, ao avaliarem o efeito de dois preparos sobre atributos físicos do solo cultivado com cana-de-açúcar, constataram, em ambos, baixos valores na

camada superficial de solo (0,00-0,15 m). Bergamin et al. (2010) ao avaliarem a compactação em Latossolo Vermelho Distroférico sob plantio direto, umidade na capacidade de campo, reportaram valores de RP inferiores a 1,00 MPa na camada até 0,20 m, com uso de um penetrômetro com velocidade de penetração constante.

Diferentemente dos resultados encontrados, Carvalho et al. (2011), verificaram alterações nos atributos físicos do solo em cultivo de cana-planta sob preparo convencional em relação ao cultivo mínimo, porém, ressaltaram que não houve diferença entre os manejos para perfilhamento e qualidade tecnológica da matéria-prima, concluindo que o sistema conservacionista é viável técnica e economicamente.

CONCLUSÕES

No preparo reduzido e plantio direto ocorrem maiores valores de RP na camada superficial. Nas camadas subsuperficiais ocorrem maiores valores de RP no plantio direto do que no preparo reduzido.

Os valores de RP média, determinados a campo e laboratório, não são considerados críticos para o desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar; ao contrário dos valores de RP máxima nas camadas superficiais de solo de ambos os preparos.

Na camada até 0,20 m, os preparos do solo não diferiram em relação aos atributos físicos do solo (densidade do solo, macroporosidade, microporosidade, porosidade total e resistência mecânica do solo à penetração no anel) em cultivo de cana-planta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

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.

BERGAMIN, A.C.; VITORINO, A.C.T.; FRANCHINI, J.C.; SOUZA, C.M.A.; SOUZA, F.R. Compactação de 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.

BETIOLI JÚNIOR, E.; MOREIRA, W.H.; TORMENA, C.A.; FERREIRA, C.J.B.; SILVA, A.P.; GIAROLA, N.F.B. Intervalo hídrico ótimo e grau de compactação de um Latossolo Vermelho após 30 anos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, n.3, p.971-982, 2012.

CARVALHO, L.A.; SILVA JUNIOR, A.A.; NUNES, W.A.G.A.; MEURER, I.; SOUZA JÚNIOR, W.S. Produtividade e viabilidade econômica da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo no Centro-oeste do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.34, n.1, p.200-211, 2011.

CORTEZ, J.W.; OLSZEWSKI, N.; PIMENTA, W.A.; PATROCÍNIO FILHO, A.P.; SOUZA, E.B.; NAGAHAMA, H.J. Avaliação da intensidade de tráfego de tratores em alguns atributos físicos de um Argissolo Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, n.3, p.1000-1010, 2014.

DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B.de; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

FAGUNDES, E.A.A.; SILVA, T.J.A.; SILVA, E.M.B. Desenvolvimento inicial de variedades de cana-de-açúcar em Latossolo submetidas a níveis de compactação do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.2, p.188-193, 2014.

GIRARDELLO, V.C.; AMADO, T. J. C.; SANTI, A. L.; CHERUBIN, M. R.; KUNZ, J.; TEIXEIRA, T. G. Resistência à penetração, eficiência de escarificadores mecânicos e produtividade da soja em Latossolo argiloso manejado sob plantio direto de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, n.4, 2014.

GUIMARÃES, R.M.L.; BLAINSKI, E.; FIDALSKI, J. Intervalo hídrico ótimo para avaliação da degradação física do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, n.6, p.1512-1521, 2013.

KAMIMURA, K. M.; ALVES, M. C.; ARF, O.; BINOTTI, F. F. S. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho sob cultivo de arroz de terras altas em diferentes manejos do solo e água. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 723-731, 2009.

MARASCA, I.; LEMOS, S.V.; SILVA, R.B.; GUERRA, S. P. S.; LANÇAS, K.P. Soil Compaction Curve of an Oxisol under Sugarcane Planted after In-Row Deep Tillage. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 39, n. 5, p. 1490-1497, 2015.

MION, R.L.; NASCIMENTO, E.M.S.; SALES, F.A.L.; SILVA, S.F.; DUARTE, J.M.L.; SOUSA, B.M. Variabilidade espacial da porosidade total, umidade e resistência do solo à penetração de um Argissolo amarelo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.6, p.2057-2066, 2012.

OLIVEIRA FILHO, F. X.; MIRANDA, N.O.; MEDEIROS, J.F.; SILVA, P.C.M.; MESQUITA, F.O.; COSTA, T.K.G. Zona de manejo para preparo do solo na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 2, p.186-193, 2015.

OLIVEIRA, P.R.; CENTURION, J.F.; CENTURION, M.A.P.C.; FRANCO, H.B.J.; PEREIRA, F.S.; BÁRBARO JÚNIOR, L.S.; ROSSETTI, K.V. Qualidade física de um Latossolo Vermelho cultivado com soja submetido a níveis de compactação e de irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.36, n.2, p.587-597, 2012.

ROSSETTI, K.V.; CENTURION, J.F. Sistemas de manejo e atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.5, p.472-479, 2013.

SÁ, M.A.C.; SANTOS JUNIOR, J.D.G.; FRANZ, C.A.B.; REIN, T.A. Qualidade física do solo e produtividade da cana-de-açúcar com uso da escarificação entre linhas de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1610-1622, 2016.

SILVA, A. A.; CASTRO, S. S. Indicadores macro e micromorfológicos da qualidade física de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar. **Mercator**, Fortaleza, v.4, n.3, p.169-185, 2015.

SOUZA, G.S.; SOUZA, Z.M.; SILVA, R.B.; ARAÚJO, F.S.; BARBOSA, R.S. Compressibilidade do solo e sistema radicular da cana-de-açúcar em manejo com e sem controle de tráfego. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.4, p.603-612, 2012.

VALADÃO, F.C.A.; WEBER, O.L.; VALADÃO JÚNIOR, D.D.; SCARPINELLI, A.; DEINA, F.R.; BIANCHINI, A. Adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.39, n.1, p.243-255, 2015.

VISCHI FILHO, O.J.; SOUZA, Z.M.; SILVA, R.A.; LIMA, C.C.; PEREIRA, D.M.G.; LIMA, M.E.; SOUSA, A.C.M.; SOUZA, G.S. Capacidade de suporte de carga de Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e efeitos da mecanização no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n.4, p.322-332, 2015.

5. ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO CULTIVADO COM CANA-PLANTA EM FUNÇÃO DO MANEJO E LOCAL DE AMOSTRAGEM

RESUMO

O estabelecimento de manejos conservacionistas do solo traz benefícios em sistemas de produção de culturas anuais, como soja e milho, entretanto para a cana-de-açúcar são incipientes as informações sobre tais efeitos na qualidade de solos. Objetivou-se avaliar os sistemas de preparo reduzido (PR) e plantio direto (PD), bem como o local de amostragem nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob cultivo de cana-planta. O trabalho foi conduzido na FAECA-UFGD onde a área experimental foi dividida em duas subáreas, compostas pelo plantio direto e preparo reduzido. Em cada preparo foram cultivadas oito cultivares de cana-de-açúcar em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Nas unidades experimentais, coletaram-se amostras de solo com estrutura preservada na linha e na entrelinha do rodado para avaliação dos atributos: densidade do solo; macroporosidade; microporosidade; porosidade total; umidade do solo e resistência à penetração no anel com penetrômetro de bancada, nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m. Além das referidas posições de amostragem, considerou-se também a da linha de cana para avaliar a resistência mecânica do solo à penetração (RP) com penetrômetro de campo, determinando-se a RP média e máxima, nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40 m. O PR aumentou a macroporosidade na camada superficial. Não houve efeito do preparo para porosidade total e microporosidade. Na camada (0,00-0,40 m) ocorreu redução da RP média e máxima, determinada a campo, da posição do rodado, seguida do entrerrodado e linha de plantio, respectivamente; além de maiores valores destes atributos na camada (0,20-0,40 m) da linha de plantio.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., compactação do solo, manejo do solo.

SOIL PHYSICAL ATTRIBUTES WITH PLANT CANE AS AFFECTED BY MANAGEMENT AND LOCAL OF SAMPLING

ABSTRACT

The establishment of soil conservation management has benefits in annual crop production systems, such as soybean and corn; however, for sugarcane, information on such effects on soil quality is incipient. The objective of this study was to evaluate the reduced tillage (PR) and no-tillage (PD) systems, as well as the sampling site on the physical attributes of a Oxisol under cane-plant cultivation. The work was conducted at FAECA-UFGD where the exercise area was divided into two subareas, composed by no-tillage and reduced tillage. Eight sugarcane cultivars were cultivated in each preparation in a completely randomized design, with four replications. In the experimental units, soil samples were collected with a preserved structure in the row and in the row of the wheel to evaluate the attributes: soil density; macroporosity; microporosity; total porosity; soil moisture and resistance to penetration in the bench with penetrometer bench, in the layers of 0.00-0.10 and 0.10-0.20 m. In addition to the mentioned sampling positions, it was also considered that of the cane line to evaluate the mechanical resistance of the soil to the penetration (PR) with field penetrometer, determining the mean and maximum PR in the layers of 0.00-0, 10; 0.10-0.20; 0.20-0.30; 0.30-0.40 m. PR increased macroporosity in the superficial layer. There was no preparation effect for total porosity and microporosity. In the layer (0.00-0.40 m) there was reduction of the mean and maximum PR, determined in the field, of the position of the wheel, followed by the enterrrodado and planting line, respectively; besides higher values of these attributes in the layer (0.20-0.40 m) of the planting line.

Keywords: *Saccharum* spp., soil compaction, soil management.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por produtos derivados da cana-de-açúcar é responsável pelo crescimento do setor sucroenergético brasileiro, por meio da expansão dos canaviais e investimentos na construção de novas usinas no Brasil e principalmente no Mato Grosso do Sul. Tal demanda do setor requer intensa mecanização agrícola altamente tecnificada em todo o ciclo da cultura, com máquinas modernas e versáteis que executem trabalhos

com máxima eficiência e baixo custo, a fim de destinar matéria-prima de qualidade à agroindústria (SOUZA et al., 2012).

No cultivo da cana-de-açúcar se faz necessário à prática de sucessivas operações de preparo do solo, com a utilização de arados, grades e subsoladores, além da atuação de máquinas e implementos que contribuem na degradação da estrutura do solo e no aumento da compactação (SILVA JUNIOR et al., 2013; SOUZA et al., 2014). Com isso, geralmente há redução da qualidade do solo em sistemas com intensa mobilização, devido às modificações ocasionadas nos atributos físicos do solo, como aumento da densidade e conseqüentemente da resistência mecânica do solo à penetração (SILVA JUNIOR et al., 2013; MARASCA et al., 2015; SILVA e CASTRO, 2015).

O contínuo tráfego de máquinas/implementos também acarreta compactação superficial do solo, sobretudo na entrelinha da cana-de-açúcar, onde há significativo desenvolvimento do sistema radicular da planta (CURY et al., 2014; OHASHI et al., 2015). Frente aos impactos de tais práticas, tem se questionado o uso de operações sucessivas de preparo do solo para implantação de canaviais, visto que estes, muitas vezes, ocupam áreas sem restrição de fertilidade e impedimento físico, com maior demanda energética (CARVALHO et al., 2011).

A adoção de sistemas conservacionistas, por sua vez, com mínima mobilização do solo, manutenção de resíduos em superfície, conservação da estrutura e redução do gasto energético, ainda que de maneira lenta vem ocorrendo no sistema de produção da cana-de-açúcar. No entanto, poucas pesquisas relacionam tais efeitos sobre a qualidade física de solos, principalmente àqueles com elevado potencial de degradação como os Latossolos argilosos (SILVA e CASTRO, 2015).

Além disso, as informações existentes em pesquisas relacionam-se aos efeitos do tráfego de conjuntos mecanizados em operações de colheita mecanizada, mas não evidenciam os efeitos ocasionais destas em solos suscetíveis à compactação no início do ciclo da cultura da cana-de-açúcar.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar os atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférico cultivado com cana-planta, em sistemas de preparo reduzido e plantio direto associados ao local de amostragem (rodado e entrerodado) analisando o efeito do tráfego inicial de máquinas/implementos.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi instalado na Fazenda experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, localizada em Dourados, MS (22° 13' 58" S, 54° 59' 57" W", altitude 418 m), em 21 de julho de 2016. O clima é do tipo Am, monçônico, com inverno seco, e precipitação média anual de 1500 mm, e temperatura média de 22°C (ALVARES et al., 2013). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico, textura argilosa, tendo na camada até 0,30 m de profundidade 603 g kg⁻¹ de argila, 147 g kg⁻¹ de silte e 250 g kg⁻¹ de areia.

A área destinada ao experimento, que estava há 14 anos sob cultivo de soja e milho, em um sistema de sucessão de culturas sem revolvimento do solo, apresentava homogeneidade das condições ambientais, localizada em topografia plana, sem variação do tipo de solo e técnicas de manejo. A mesma foi dividida em duas subáreas, compostas pelo plantio direto e preparo reduzido. Em cada preparo realizou-se o plantio manual das cultivares de cana-de-açúcar no dia 21 de julho de 2016, considerando a densidade de 15 gemas por metro. Foram cultivadas oito cultivares de cana-de-açúcar (RB965902, RB985476, RB966928, RB855156, RB975201, RB975242, RB036066 e RB855536) em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Cada unidade experimental continha 5 linhas de cana com 5 metros de comprimento, espaçadas de 1,50 m (37,5 m²), num total de 32 unidades experimentais por preparo (repetições).

O sistema de preparo reduzido consistiu de gradagem pesada, enquanto que o sistema plantio direto consistiu de controle mecanizado (trituração) das plantas daninhas, e posteriormente, abertura de sulcos para plantio onde houve mínimo revolvimento. A adubação para plantio foi uniforme para toda a área experimental, com aplicação de 0,3 Mg ha⁻¹ da formulação 10-25-26 de NPK.

No preparo do solo foram utilizados: triturador de palhas equipado com rotor de facas curvas de aço que trabalham em alta rotação, sulcador; grade aradora do tipo off-set, arrastada, com 16 discos de 0,76 m de diâmetro (30") em cada seção, na profundidade de 0,15 m. Para as operações de preparo do solo e sulcação direta, foi utilizado o trator 4x2 New Holland, modelo 8030 de potência no motor de 89,79 kW (122 cv), rotação de 2200 rpm, 3ª marcha reduzida, pneus dianteiros 14.9-58 e traseiros 23.1-30, e massa de 4,51 Mg.

Para a cobertura dos sulcos e tratos culturais, foi utilizado o trator 4x2 TDA Massey Ferguson, modelo MF292 de potência no motor 68,74 kW (92 cv), rotação de 2200 rpm, 3ª marcha reduzida, pneus dianteiros 7.50-18 e traseiros 18.4-34, e massa de

3,40 Mg; e pulverizador KO Cross-s 2000, pneus 9.5-24, 14 m de barra e massa de 1,40 Mg.

Coleta e processamento de amostras de solo

Foram coletadas amostras com estrutura preservada, aos 180 dias após o plantio (DAP), após o tráfego inicial de máquinas para tratos culturais, para determinação dos atributos físicos do solo. Foram abertas trincheiras no sentido perpendicular às linhas de plantio, nas quais as amostras foram coletadas nas camadas de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade, em dois diferentes pontos, sendo um no local em que o rodado do trator passou, e outro no enterrodado. Nas duas entrelinhas centrais de cada unidade experimental, duas trincheiras foram abertas aleatoriamente, com coletas de amostras nas referidas profundidades.

As amostras foram envolvidas em papel filme e acondicionadas em geladeira, visando o mínimo de alteração estrutural e perda de água. Após a preparação das amostras em laboratório, determinou-se a umidade do solo, empregando-se o método gravimétrico, determinando-se a massa do solo úmido.

Atributos físicos do solo

A porosidade total do solo foi obtida pela diferença entre a massa do solo saturado e a massa do solo seco em estufa a 110 °C durante 24 h; a microporosidade do solo determinada pelo método da mesa de tensão com uma coluna de água de 60 cm de altura. A macroporosidade (Ma) é a diferença entre a porosidade total e microporosidade. A densidade do solo foi calculada pela relação entre a massa seca a 110 °C durante 24 h da amostra de solo do anel volumétrico e o volume do mesmo anel. Ao atingir o equilíbrio na tensão correspondente a coluna de água de 60 cm de altura, a resistência do solo à penetração (RP) foi determinada, por meio de penetrógrafo eletrônico com velocidade constante de penetração de 1 cm min⁻¹, diâmetro de base da haste de 4 mm e semiângulo de 30°. As amostras obtidas nos 5 mm superiores e inferiores da amostra foram descartadas, visando eliminar o efeito da periferia da amostra. A frequência de leituras de RP correspondeu à coleta de um valor a cada 0,25 s, obtendo-se 800 leituras por amostra, sendo utilizado o valor médio, conforme Bergamin et al. (2010).

Resistência mecânica do solo à penetração a campo

Foi realizado o teste de resistência mecânica do solo à penetração, utilizando o penetrômetro de campo modelo PenetroLOG - PLG 1020, com aptidão eletrônica para aquisição de dados, nas mesmas camadas de solo, sendo coletados 5 pontos aleatórios no meio das entrelinhas, em cada unidade experimental, determinando-se a RP média

estratificadas nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40 m. Foram feitos três pontos de amostragens: linha da cana, entrerrodado do trator e na linha do rodado do trator.

Análise estatística

Para avaliar somente o efeito do preparo e da posição de amostragem sobre os atributos físicos do solo, aos 180 DAP, optou-se por não considerar as cultivares de cana-de-açúcar como tratamentos. Os dados da resistência mecânica à penetração do anel, da densidade do solo, da porosidade total, da macroporosidade, da microporosidade e da umidade do solo foram analisados em esquema fatorial 2 (preparo do solo) x 2 (posição de amostragem). Para a resistência mecânica à penetração a campo, foi considerada também a posição de amostragem (linha da cana) e analisada como um fatorial 2 (preparo do solo) x 3 (posição de amostragem). Para todos os atributos analisados, o número de repetições correspondeu ao de unidades experimentais por tratamento, ou seja, 32 repetições.

As médias foram submetidas à análise de variância e, quando significativa a pelo menos a 5% de probabilidade, comparadas pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos atributos físicos do solo indicou que houve interação entre os fatores estudados apenas para densidade do solo e que, de forma geral, não houve diferença entre os tratamentos para porosidade total (Pt) e microporosidade (Mi) (Quadro 1), inclusive não se observou significância do fator posição para macroporosidade (Ma), na camada de 0,00-0,10 m. Resultado semelhante ocorreu para Ds, na camada de 0,10-0,20 m, mas não houve interação entre os fatores para Ma, Mi e Pt.

Houve efeito dos fatores preparo e posição para umidade do solo (U), nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m (Quadro 1), com valores mais elevados no preparo reduzido e na posição do entrerrodado em ambas as camadas (Quadro 2). Esses resultados discordam de Iamaguti et al. (2015), trabalhando em um Latossolo Vermelho Distroférrico de textura muito argilosa, que observaram aumento da umidade do solo em plantio direto em relação ao convencional, o que foi atribuído à mobilização que aumentou a temperatura do solo e, conseqüentemente, a evaporação devido a não manutenção da palhada no solo. Observou-se significância do fator preparo na camada de 0,00-0,10 m para Ma (Quadro 1), com valores superiores no preparo reduzido ($0,05 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) oriundos do revolvimento superficial em relação ao plantio direto ($0,04 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$); valores estes considerados baixos

(Quadro 2), inferiores a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, valor este conforme Rossetti e Centurion (2013) ser o mínimo adequado para as trocas líquidas e gasosas entre o ambiente externo e o solo, e considerado crítico para o crescimento das raízes da maioria das culturas.

QUADRO 1. Análise de variância (F) para densidade do solo (Ds), umidade do solo (U), porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e resistência à penetração no anel (RP anel) por camada de solo, nos tratamentos preparo do solo (P) e posição de amostragem (PS). Dourados - MS, 2017

Fonte de variação	Camada (m)					
	0,00-0,10					
	Ds	U	Ma	Mi	Pt	RP anel
P	7,46 ^{**}	5,96 [*]	7,19 ^{**}	0,05 ^{ns}	2,28 ^{ns}	3,74 ^{ns}
PS	5,51 [*]	3,97 [*]	1,22 ^{ns}	1,29 ^{ns}	3,10 ^{ns}	9,38 ^{**}
P x PS	0,00 ^{**}	0,32 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,00 ^{ns}
	0,10-0,20					
	Ds	U	Ma	Mi	Pt	RP anel
P	7,24 ^{**}	10,67 ^{**}	3,85 ^{ns}	1,72 ^{ns}	1,11 ^{ns}	1,62 ^{ns}
PS	0,59 ^{ns}	8,05 ^{**}	2,68 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,51 ^{ns}
P x PS	5,75 [*]	1,53 ^{ns}	3,03 ^{ns}	0,42 ^{ns}	1,72 ^{ns}	1,37 ^{ns}

* e ** significativo a 5% e 1%, respectivamente. ns: não significativo.

A Pt e a Mi não diferiram entre os tratamentos estudados para as camadas de 0,00-10 e 0,10-0,20 m (Quadro 2); uma vez que, Silva Junior et al. (2013) afirmam que com o revolvimento do solo no preparo reduzido ocorre aumento da Pt em relação ao sem mobilização, visto que em um Latossolo Vermelho argiloso, os mesmos autores não puderam verificar alterações de porosidade entre sistemas com mobilização e a sulcação direta. Quanto à Mi, de acordo com Bergamin et al. (2010), em Latossolo Vermelho Distroférico a composição mineralógica da fração argila condiciona o comportamento deste atributo em detrimento do manejo do solo, ao contrário do que ocorre com a macroporosidade.

Rossetti e Centurion (2013) ao avaliarem o efeito de sistemas convencional e conservacionista de um Latossolo Vermelho Distrófico, observaram valores de macroporosidade abaixo de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e de microporosidade próximos a $0,30 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, com menores valores de microporosidade no convencional; diferindo deste estudo possivelmente em razão do tráfego agrícola na entrelinha da cana que, já no início do ciclo da cultura, promoveu compactação semelhante tanto no preparo reduzido como no plantio direto. Araújo et al. (2013), avaliando dois sistemas de colheita de cana-de-açúcar em um Latossolo Vermelho distrófico sob preparo convencional, verificaram valores de

macroporosidade semelhantes nas camadas avaliadas, ou seja, inferiores a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$; porém, com valores de microporosidade acima de $0,40 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, o que pode indicar maior compactação nesta área.

QUADRO 2. Média dos valores de umidade do solo (U), porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e resistência à penetração no anel (RP anel) por camada de solo, nos tratamentos preparo reduzido e plantio direto e nas posições do rodado do trator e entrerrodado, nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade. As letras comparam os níveis de cada fator e, quando diferentes, indicam que os valores diferem pelo teste SNK a 5 %. Dourados - MS, 2017

Tratamento	Camada (m)	
	0,00-0,10	0,10-0,20
	U (kg kg^{-1})	
Preparo		
Reduzido	0,23 a	0,22 a
Plantio direto	0,21 b	0,21 b
Posição		
Rodado	0,21 b	0,21 b
Entrerrodado	0,23 a	0,22 a
	Ma ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)	
Preparo		
Reduzido	0,05 a	0,05 a
Plantio direto	0,04 b	0,04 a
Posição		
Rodado	0,04 a	0,05 a
Entrerrodado	0,05 a	0,04 a
	Mi ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)	
Preparo		
Reduzido	0,40 a	0,40 a
Plantio direto	0,41 a	0,40 a
Posição		
Rodado	0,40 a	0,40 a
Entrerrodado	0,41 a	0,40 a
	Pt ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)	
Preparo		
Reduzido	0,46 a	0,45 a
Plantio direto	0,45 a	0,44 a
Posição		
Rodado	0,44 a	0,45 a
Entrerrodado	0,46 a	0,44 a
	RP (MPa)	
Preparo		
Reduzido	3,27 a	4,34 a
Plantio direto	4,00 a	3,90 a
Posição		
Rodado	4,21 a	4,24 a
Entrerrodado	3,10 b	4,00 a

Ressalta-se que a ausência de diferença entre os tratamentos para Pt e Mi, nas camadas avaliadas, e para Ma na camada de 0,10-0,20 m (Quadro 1 e Quadro 2), possa ser

explicada pela ação do implemento de preparo que, por atuar até a profundidade de 0,15 m, criou camadas mais adensadas em subsuperfície. Do mesmo modo, os atributos físicos não diferiram entre as posições (rodado e entrerrodado), concordando com Cury et al. (2014), que estudaram o efeito do tráfego de máquinas em um Latossolo Vermelho eutroférico textura muito argilosa na entrelinha e na linha de cana.

A resistência mecânica do solo à penetração (RP) do anel diferiu entre as posições na camada de 0,00-0,10 m (Quadro 1), com maior valor na posição do rodado do trator quando comparado ao entrerrodado (Quadro 2), o que pode ter ocorrido em razão do acúmulo de pressões devido ao tráfego de máquinas para plantio e tratos culturais. Souza et al. (2014) encontraram efeito da posição do tráfego apenas no sistema com piloto automático, fato que evidencia controle das operações de cultivo na área do presente estudo. De modo geral, caracterizam-se altos valores de RP nas camadas superficiais de solo, já em ciclos de cana-planta, o que pode comprometer o desenvolvimento radicular da cultura. Conforme Oliveira Filho et al. (2015) e Marasca et al. (2015) valores superiores a 4 MPa representam limitação ao crescimento e desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar.

No desdobramento da interação entre preparo e posição para densidade do solo (Ds) (Quadro 3), é possível observar maiores valores na camada de 0,10-0,20 m no solo sob plantio direto em relação ao reduzido, bem como na posição do rodado do trator do que no entrerrodado, estando em concordância com Silva Junior et al. (2013), Cury et al. (2014) e Valadão et al. (2015), os quais afirmam que este fato pode ser atribuído às pressões mecânicas oriundas do tráfego agrícola aliado ao não revolvimento do solo. A posição do tráfego influenciou a Ds apenas em sistemas de controle com piloto automático, situação que demonstra alto controle no tráfego para operações de cultivo na área do presente estudo, e que conforme Souza et al. (2014) isso pode repercutir positivamente no desenvolvimento da cultura.

QUADRO 3. Densidades do solo (Ds) por camada no desdobramento de preparo versus posição de amostragem. Dourados - MS, 2017

Preparo do solo	Ds (Mg m ⁻³)			
	0,00-0,10 m		0,10-0,20 m	
	Rodado	Entrerrodado	Rodado	Entrerrodado
Reduzido	1,47 aA	1,41 aA	1,46 bA	1,48 aA
Sem mobilização	1,53 aA	1,48 aA	1,54 aA	1,49 aB

Médias seguidas por letras iguais, maiúscula comparam tratamento preparo do solo dentro do local de amostragem e minúscula comparam tratamento local de amostragem dentro do preparo do solo, não diferem entre si pelo teste SNK, a 5% de probabilidade.

Os valores de Ds na camada (0,0-0,20 m) no sistema plantio direto e na linha do rodado revelam compactação em ciclo de cana-planta, uma vez que se encontram na faixa de 1,51 a 1,59 Mg m⁻³ (Quadro 3) considerados máximos por Sá et al. (2016) e Oliveira et al. (2012) ao avaliarem a compactação em Latossolos de textura argilosa a muito argilosa.

Cury et al. (2014) observaram que a Ds teve maior correlação negativa (48%) do que a RP (38%) com a massa de raízes de cana, sendo o valor limitante de Ds de 1,33 Mg m⁻³, destacando a interferência de outros fatores no crescimento de raízes, como a própria morfologia do sistema radicular, cuja massa de raízes tende a diminuir em função da profundidade e distância da planta. Tal fato levanta um alerta considerando que os autores verificaram que 90% da massa de raízes estão localizadas entre rodado e na posição do rodado, e também nas camadas superficiais do solo.

A análise da RP média e máxima a campo nas camadas (0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m) indicou que houve interação entre os fatores estudados, exceto na camada de 0,10-0,20 m (Quadro 4). Nesta é possível observar maiores valores de RP média no preparo reduzido (Quadro 5), o que pode ter ocorrido em razão do aumento da Ds (Quadro 3) pela ação do implemento de preparo já que a umidade do solo foi inferior no plantio direto (Quadro 2).

QUADRO 4. Análise de variância (F) para resistência à penetração determinada a campo média (RP média) e máxima (RP máxima) por camada de solo, nos tratamentos preparo do solo (P) e posição de amostragem (PS). Dourados - MS, 2017

Fonte de variação	Camada (m)			
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,30-0,40
RP média				
P	15,47 ^{**}	8,866 ^{**}	8,259 ^{**}	12,83 ^{**}
PS	202,6 [*]	173,9 ^{**}	311,2 ^{**}	274,2 ^{**}
P x PS	15,24 ^{**}	1,298 ^{ns}	9,076 ^{**}	34,69 ^{**}
RP máxima				
P	5,446 [*]	2,79 ^{ns}	7,032 ^{**}	15,88 ^{**}
PS	75,80 ^{**}	178,4 ^{**}	331,9 ^{**}	289,1 ^{**}
P x PS	4,960 ^{**}	0,4719 ^{ns}	9,921 ^{**}	28,98 ^{**}

* e ** significativo a 5% e 1%, respectivamente; ns: não significativo.

A RP máxima não se diferenciou em relação aos preparos (Quadro 5), mas observou-se significância do fator posição, tanto para RP média como para RP máxima, com maiores valores no rodado, seguido do entrerrodado e da linha de plantio. Tal fato se deve ao tráfego de máquinas na entrelinha da cultura que acarreta aumento dos valores de RP e Ds em relação às posições onde não houve pressão dos rodados do trator.

Situação semelhante foi verificada por Cury et al. (2014) e Souza et al. (2014) ao avaliarem a compactação na entrelinha e linha de cana-de-açúcar; onde os mesmos autores observaram na entrelinha maior RP e menor na linha de plantio, na camada de 0,00-0,40 m e 0,00-0,30 m, respectivamente; atribuindo esse resultado à sulcação que cria ambiente com menor resistência à penetração, independentemente do sistema de preparo do solo.

Na camada (0,00-0,10 m) observou-se tanto para RP média como para RP máxima maiores valores no preparo reduzido na linha do rodado do trator, o que foi observado também no entrerrodado e na linha de plantio nas camadas de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m (Quadro 6). Contudo, nas camadas subjacentes e, na linha do rodado, quando a RP (média e máxima) não foi inferior no preparo reduzido, esta foi igual ao plantio direto. Possivelmente, verificado por Cortez et al. (2014) neste preparo, o tráfego de máquinas/implementos em área sem revolvimento do solo favorece a distribuição de pressões resultantes do contato solo-rodado, contribuindo para formação de camadas compactadas e aumento da RP.

QUADRO 5. Resistência à penetração média (RP média) e máxima (RP máxima) determinada a campo na camada de solo de 0,10-0,20 m de profundidade, nos tratamentos preparo reduzido e plantio direto e nas posições do rodado do trator, entrerrodado e linha de cana. Dourados - MS, 2017

Tratamento	Camada (m)	
	0,10-0,20	
Preparo	RP média (MPa)	RP máxima (MPa)
Reduzido	2,36 a	3,83 a
Plantio direto	2,12 b	3,63 a
Posição		
Rodado	3,18 a	5,31 a
Entrerrodado	2,11 b	3,29 b
Linha	1,43 c	2,59 c

As letras minúsculas comparam os tratamentos preparos do solo e letras maiúsculas comparam os tratamentos local de amostragem e, quando diferentes, indicam que os valores diferem pelo teste SNK a 5 %.

De modo geral, a avaliação da RP máxima na linha do rodado em todas as camadas avaliadas (Quadro 5 e 6), de acordo com Sá et al. (2016) permite identificar valores restritivos para o desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar para solo argiloso, uma vez que, os valores estão acima de 3,8 MPa que, para um solo argiloso (600 g kg^{-1}), podendo representar redução da massa de raízes de cana-de-açúcar.

QUADRO 6. Média dos valores Resistência mecânica do solo à penetração média (RP média) e máxima (RP máxima) determinada a campo (RP) por camada de solo no desdobramento de preparo do solo com posição de amostragem. Dourados - MS, 2017

	RP média (MPa)			RP máxima (MPa)		
	Rodado	Entrerrodado	Linha	Rodado	Entrerrodado	Linha
	0,00-0,10 m					
Reduzido	2,16 aA	1,18 aB	0,81 aC	4,19 aA	2,54 aB	1,87 aC
Plantio direto	1,63 bA	1,29 aB	0,67 aC	3,32 bA	2,66 aB	1,69 aC
	0,20-0,30 m					
Reduzido	3,64 aA	2,40 aB	2,16 aB	5,28 bA	3,48 aB	3,15aB
Plantio direto	3,83 aA	2,07 bB	1,75 bC	5,59 aA	2,90 bB	2,73 bB
	0,30-0,40 m					
Reduzido	3,45 bA	2,66 aB	2,42 aC	4,76 bA	3,59 aB	3,23 aC
Plantio direto	3,88 aA	1,99 bB	2,06 bB	5,22 aA	2,68 bB	2,78 bB

Médias seguidas por letras iguais, maiúscula comparam tratamento preparo do solo com local de amostragem e minúscula comparam tratamento local de amostragem com preparo do solo, letras iguais não diferem entre si pelo teste SNK, a 5% de probabilidade. Dourados - MS, 2017.

CONCLUSÕES

O preparo reduzido com gradagem pesada aumentou a macroporosidade na camada de 0,00-0,10 m de profundidade.

Não houve efeito do preparo do solo para a porosidade total e a microporosidade.

Houve redução da RP média e máxima a campo da posição do rodado, seguido do entrerrodado e da linha de plantio, respectivamente.

Na linha de plantio, ocorreram maiores valores de RP média e máxima no preparo reduzido do que no plantio direto nas camadas de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m de profundidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

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.

BERGAMIN, A.C.; VITORINO, A.C.T.; FRANCHINI, J.C.; SOUZA, C.M.A.; SOUZA, F.R. Compactação de 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.

CARVALHO, L.A.; SILVA JUNIOR, A.A.; NUNES, W.A.G.A.; MEURER, I.; SOUZA JÚNIOR, W.S. Produtividade e viabilidade econômica da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo no Centro-oeste do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.34, n.1, p.200-211, 2011.

CORTEZ, J.W.; OLSZEWSKI, N.; PIMENTA, W.A.; PATROCÍNIO FILHO, A.P.; SOUZA, E.B.; NAGAHAMA, H.J. Avaliação da intensidade de tráfego de tratores em alguns atributos físicos de um Argissolo Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, n.3, p.1000-1010, 2014.

CURY, T.N.; MARIA, I.C.; BOLONHEZI, D. Biomassa radicular da cultura de cana-de-açúcar em sistema convencional e plantio direto com e sem calcário. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.38, n.6, p.1929-1938, 2014.

IAMAGUTI, J.L.; MOITINHO, M.R.; TEIXEIRA, D.D.B.; BICALHO, E.S.; PANOSSO, A.R.; LA SCALA JUNIOR, N. Preparo do solo e emissão de CO₂, temperatura e umidade do solo em área canavieira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.5, p.497-504, 2015.

MARASCA, I.; LEMOS, S.V.; SILVA, R.B.; GUERRA, S.P.S.; LANÇAS, K.P. Soil Compaction Curve of an Oxisol under Sugarcane Planted after In-Row Deep Tillage. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.39, n.5, p.1490-1497, 2015.

OHASHI, A.Y.P.; PIRES, R.C.M.; RIBEIRO, R.V.; SILVA, A.L.B.O. Root growth and distribution in sugarcane cultivars fertigated by a subsurface drip system. **Bragantia**, Campinas, v.74, n.2, p.131-138, 2015.

OLIVEIRA FILHO, F.X.; MIRANDA, N.O.; MEDEIROS, J.F.; SILVA, P.C.M.; MESQUITA, F.O.; COSTA, T.K.G. Zona de manejo para preparo do solo na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.2, p.186-193, 2015.

OLIVEIRA, P.R.; CENTURION, J.F.; CENTURION, M.A.P.C.; FRANCO, H.B.J.; PEREIRA, F.S.; BÁRBARO JÚNIOR, L.S.; ROSSETTI, K.V. Qualidade física de um Latossolo Vermelho cultivado com soja submetido a níveis de compactação e de irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.36, n.2, p.587-597, 2012.

ROSSETTI, K.V.; CENTURION, J.F. Sistemas de manejo e atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.5, p.472-479, 2013.

SÁ, M.A.C.; SANTOS JUNIOR, J.D.G.; FRANZ, C.A.B.; REIN, T.A. Qualidade física do solo e produtividade da cana-de-açúcar com uso da escarificação entre linhas de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1610-1622, 2016.

SILVA JUNIOR, C.A.; CARVALHO, L.A.; CENTURION, J.F.; OLIVEIRA, E.C.A. Comportamento da cana-de-açúcar em duas safras e atributos físicos do solo, sob diferentes tipos de preparo. **Bioscienci. Journal**, Uberlândia, v.29, n.1, p.1489-1500, 2013.

SILVA, A. A.; CASTRO, S. S. Indicadores macro e micromorfológicos da qualidade física de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar. **Mercator**, Fortaleza, v.4, n.3, p.169-185, 2015.

SOUZA, G.S.; SOUZA, Z.M.; SILVA, R.B.; ARAÚJO, F.S.; BARBOSA, R.S. Compressibilidade do solo e sistema radicular da cana-de-açúcar em manejo com e sem controle de tráfego. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.4, p.603-612, 2012.

SOUZA, G.S.; SOUZA, Z.M.; SILVA, R.B.; BARBOSA, R.S.; ARAÚJO, F.S. Effects of traffic control on the soil physical quality and the cultivation of sugarcane. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, n.1, p.135-146, 2014.

VALADÃO, F.C.A.; WEBER, O.L.; VALADÃO JÚNIOR, D.D.; SCARPINELLI, A.; DEINA, F.R.; BIANCHINI, A. Adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.39, n.1, p.243-255, 2015.

6. ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DO PREPARO E ÉPOCA DE AMOSTRAGEM

RESUMO

No momento do plantio ou renovação do canavial, a ação de ferramentas de preparo pode acarretar compactação e conseqüentemente modificações em atributos físicos do solo. Nesse sentido, o uso de sistemas de manejo conservacionistas pode ser uma alternativa sustentável, contudo são incipientes as informações sobre os efeitos destes manejos em atributos relacionados à estrutura do solo, o que necessita de monitoramento para determinar o manejo mais adequado. Objetivou-se avaliar os atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférrico cultivado com cana-planta em função do preparo e época de amostragem. O trabalho foi conduzido na FAECA-UFGD onde a área experimental foi dividida em duas subáreas, compostas pelo plantio direto (PD) e preparo reduzido (PR). Em cada preparo foram cultivadas oito cultivares de cana-de-açúcar em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Nas unidades experimentais, amostras com estrutura preservada foram coletadas após o preparo do solo (45 DAP) e após os tratos culturais (180 DAP), para determinação de densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e resistência mecânica do solo à penetração (RP) nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade. O PD apresenta maior densidade e resistência do solo à penetração na camada de 0,00-0,10 m, enquanto as demais não sofreram influência do preparo do solo. Houve aumento da densidade do solo, porosidade total, microporosidade e resistência do solo à penetração e diminuição da macroporosidade após os tratos culturais nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., mecanização agrícola, manejo do solo.

SOIL PHYSICAL ATTRIBUTES CULTIVATED WITH SUGARCANE AFFECTED BY TILLAGE AND SAMPLING TIME

ABSTRACT

At the time of planting or renewal of the cane field, the action of preparation tools may entail compaction and consequently modifications in physical attributes of the soil. In this sense, the use of conservation management systems may be a sustainable alternative, but information on the effects of these management on attributes related to soil structure is incipient, which requires monitoring to determine the most appropriate management. The objective of this study was to evaluate the physical attributes of a Oxisol cultivated with cane-plant in function of the preparation and time of sampling. The work was conducted at FAECA-UFGD where the experimental area was divided into two subareas, composed by no-tillage (PD) and reduced tillage (PR). Eight sugarcane cultivars were cultivated in each preparation in a completely randomized design, with four replications. In the experimental units, samples with preserved structure were collected after soil preparation (45 DAP) and after the cultural treatments (180 DAP), to determine soil density (Ds), total porosity (Pt), macroporosity (Ma), microporosity (Mi) and soil mechanical resistance to penetration (RP) in the layers of 0.00-0.10 and 0.10-0.20 m depth. The PD presented higher density and resistance of the soil to the penetration in the layer of 0.00-0.10 m, while the others did not suffer influence of the preparation of the soil. There was an increase in soil density, total porosity, microporosity and soil resistance to penetration and decrease of macroporosity after the cultural treatments in the layers of 0.00-0.10 and 0.10-0.20 m depth.

Keywords: *Saccharum* spp., agricultural mechanization, soil management.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das culturas de maior importância no agronegócio brasileiro, visto que apresenta elevado potencial para diversos usos na agroindústria e na cogeração de energia elétrica. O aumento da demanda por produtos derivados da cana-de-açúcar é responsável pelo crescimento do setor sucroenergético brasileiro, o que resulta na expansão dos canaviais e investimentos na construção de novas usinas, sobretudo na região Centro-sul.

O sistema de produção da cana-de-açúcar envolve o uso de máquinas agrícolas em diferentes etapas, desde o preparo do solo até a colheita da matéria-prima (BAQUEIRO et al., 2012). Sendo, portanto, um sistema produtivo que requer intensa mecanização agrícola altamente tecnificada em todo o ciclo da cultura, com máquinas modernas e versáteis que executem trabalhos com máxima eficiência e baixo custo, a fim de destinar matéria-prima de qualidade à agroindústria (SOUZA et al., 2012).

As sucessivas operações mecanizadas - do preparo do solo até a colheita, resultam em problemas de degradação do solo, sendo o principal a compactação (SILVA e CASTRO 2015; MARASCA et al., 2015; VISCHI FILHO et al., 2015), que pode afetar a produção e a longevidade do canavial (CAMIOTTI et al., 2005; FAGUNDES et al., 2014), bem como a área explorada pelo sistema radicular (BAQUEIRO et al., 2012; MARASCA et al., 2015).

O preparo do solo, se executado em condições adequadas, proporciona melhorias nas funções do solo como aeração, disponibilidade e retenção de água e nutrientes e estrutura, envolvidas no crescimento e desenvolvimento radicular (VALADÃO et al., 2015). Logo, na cultura da cana-de-açúcar, esta operação é crucial já que é realizada apenas no momento do plantio e renovação do canavial (CARVALHO et al., 2011).

No entanto, no sistema de preparo convencional, a sequência de operações com implementos, como arados e grades, promove a compactação e afeta a estrutura do solo, com alteração de atributos físicos do solo (CAMIOTTI et al., 2005; CARVALHO et al., 2011; MARASCA et al., 2015). Havendo assim, geralmente redução da qualidade do solo nos sistemas em que ocorre mobilização deste, devido às modificações ocasionadas nos atributos físicos, como aumento da densidade do solo e resistência do solo à penetração (LAURINDO et al., 2009; MARASCA et al., 2015; SILVA e CASTRO, 2015).

As ferramentas de preparo do solo em sistema convencional modificam a estrutura do solo, com transformação da camada arável em superfície pulverizada e a subsuperficial compactada. Porém, no sistema plantio direto, a semeadura é feita sem o preparo do solo e os restos culturais são mantidos na superfície, sendo um sistema mais eficaz na proteção da superfície do solo contra agentes erosivos (KAMIMURA et al., 2009). Apesar dos benefícios, os autores acrescentam que há necessidade de informações acerca dos impactos da adoção de tais sistemas de manejo do solo, tanto ocasional como a longo prazo, a fim de estabelecer relação entre os efeitos da compactação, com os atributos físicos do solo e o desenvolvimento da cultura.

O fato de não haver revolvimento do solo em sistema plantio direto pode acarretar aumento dos valores de densidade e resistência mecânica do solo à penetração em camadas subsuperficiais (CARVALHO et al., 2011). No entanto, tais atributos se comportam de forma dinâmica em função do solo, das condições de manejo e ao longo do tempo, havendo, portanto, necessidade de acompanhamento imediato e ao longo dos anos (LAURINDO et al., 2009).

Neste contexto, objetivou-se avaliar os atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférico cultivado com cana-planta em função do preparo e época de amostragem.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2016/2017, no município de Dourados, região Sul do Mato Grosso do Sul, cujas coordenadas geográficas são: 22° 13' 58" de latitude sul e 54° 59' 57" de latitude oeste e altitude de 418 m. O clima da região é do tipo Am, monçônico, com inverno seco, e precipitação média anual de 1500 mm, e temperatura média anual de 22°C (ALVARES, et al., 2013).

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, textura argilosa, tendo na camada de 0,00-0,10 m 597 g kg⁻¹ de argila, 151 g kg⁻¹ de silte e 252 g kg⁻¹ de areia; e na camada de 0,10-0,20 m de profundidade 602 g kg⁻¹ de argila, 157 g kg⁻¹ de silte e 241 g kg⁻¹ de areia.

A área destinada ao experimento, que estava há 14 anos sob cultivo de soja e milho, em um sistema de sucessão e rotação de culturas sem revolvimento do solo, apresentava homogeneidade das condições ambientais e do material experimental, localizada em topografia plana, sem variação do tipo de solo e técnicas de manejo. A mesma foi dividida em duas subáreas, compostas pelo plantio direto e preparo reduzido. Em cada preparo realizou-se o plantio manual das cultivares de cana-de-açúcar no dia 21 de julho de 2016, considerando a densidade de 15 gemas por metro. Foram cultivadas oito cultivares de cana-de-açúcar (RB965902, RB985476, RB966928, RB855156, RB975201, RB975242, RB036066 e RB855536) em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Cada unidade experimental continha 5 linhas de cana com 5 metros de comprimento, espaçadas de 1,50 m (37,5 m²), num total de 32 unidades experimentais por preparo (repetições).

O preparo reduzido (PR) consistiu de gradagem pesada, enquanto o sistema plantio direto (PD) consistiu de trituração de plantas daninhas, e posteriormente, abertura de sulcos para plantio sem o prévio revolvimento do solo.

Para as operações de preparo e sulcação, foi utilizado o trator 4x2 New Holland, modelo 8030 de potência no motor de 89,79 kW (122 cv), rotação de 2200 rpm, 3ª marcha reduzida, pneus dianteiros 14,9-58 e traseiros 23,1-30, e massa de 4,51 Mg. Para a cobertura dos sulcos e tratamento fitossanitário, foi utilizado o trator 4x2 TDA Massey Ferguson, modelo MF292 de potência no motor 68,74 kW (92 cv), rotação de 2200 rpm, 3ª marcha reduzida, pneus dianteiros 7,50-18 e traseiros 18,4-34, e massa de 3,40 Mg; e pulverizador KO Cross-s 2000, pneus 9,5-24, 14 m de barra e massa de 1,4 Mg.

Para o preparo do solo, foram utilizados: triturador de palhas equipado com rotor de facas curvas de aço que trabalham em alta rotação e massa de 1,2 Mg, montado em um trator. Sulcador de duas linhas; e grade aradora, tipo off-set, de arrasto, com 16 discos de 0,76 m de diâmetro (30") em cada seção, que atuaram até 0,15 m, com massa de 2,0 Mg.

Nos dias 16 de setembro e 02 de outubro de 2016 efetuou-se o controle químico das plantas daninhas no experimento, com aplicação de pré-emergente e pós-emergente, respectivamente. A formulação do tebuthiuron utilizada foi Combine[®] 500 SC suspensão concentrada (500 g i.a. L⁻¹), aplicada na dose de 2,4 L ha⁻¹. A formulação do haloxyfop-methyl foi Verdict-R[®], aplicada na dose de 0,5 L ha⁻¹.

Em 12 de setembro de 2016 e 04 de fevereiro de 2017, em cada unidade experimental foram coletadas amostras de solo com estrutura preservada na entrelinha para determinação da densidade do solo, porosidade total do solo, macroporosidade, microporosidade e resistência mecânica do solo à penetração, nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m.

As amostragens foram realizadas na área útil de cada unidade experimental, sendo feitos três pontos na entrelinha da cana-de-açúcar, considerando-se as referidas épocas de amostragem. As amostras foram coletadas em duas camadas: 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m.

As amostras de solo com estrutura preservada foram coletadas na entrelinha da cana por meio de anéis volumétricos (0,0557 m de diâmetro e 0,0441 m de altura); em seguida foram envolvidas em papel filme e acondicionadas em geladeira, visando o mínimo de alteração estrutural e perda de água.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2, sendo dois sistemas de preparo do solo (PD e PR) e duas épocas de amostragem (após o preparo do solo e após tratamento fitossanitário), e 32 repetições.

A densidade do solo foi determinada pela massa de solo seco em estufa a 105-110°C, sendo os valores expressos em Mg dm^{-3} ; a porosidade total foi determinada pela quantidade de água do solo saturado; e a microporosidade, pela água retida a uma tensão de 6 kPa, sendo os valores expressos em $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$. A macroporosidade é a diferença entre a porosidade total e microporosidade.

Ao atingir o equilíbrio na tensão correspondente a coluna de água de 6 kPa, a RP foi determinada, por meio de penetrógrafo eletrônico modelo MA-933, com velocidade constante de penetração de 10 mm min^{-1} , diâmetro de base da haste de 4 mm e ponta cônica angular a 30°, conforme padronização pela ASABE (ASABE, 2006). As amostras obtidas nos 5 mm superiores e inferiores da amostra foram descartadas, visando eliminar o efeito da periferia da amostra. A frequência de leituras de RP correspondeu à coleta de um valor a cada 0,25 s, obtendo-se 800 leituras por amostra, sendo utilizado o valor médio, conforme Bergamin et al. (2010).

Os dados dos atributos físicos do solo foram submetidos à análise de variância por meio do software Assistat (SILVA, 2014), sendo as médias comparadas pelo teste SNK, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se significância para interação entre os preparos e as épocas de amostragem para microporosidade (Mi) e resistência mecânica do solo à penetração (RP), na camada de 0,00-0,10 m, e para porosidade total (Pt), microporosidade (Mi) e macroporosidade (Ma), na camada de 0,10-0,20 m (Quadro 1). Houve influência da época de amostragem (E) para todos os atributos físicos estudados nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade. Não houve influência do preparo do solo (P) para os atributos físicos em ambas as camadas de solo, exceto para densidade do solo (Ds) na camada de 0,00-0,10 m.

QUADRO 1. Resumo da análise de variância para os atributos físicos do solo nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, em função do preparo do solo e época de amostragem

Prof. (m)	FV	GL	Quadrados médios				
			Ds	Pt	Ma	Mi	RP
0-0,10	P	1	0,0886**	29,5304	34,8168	0,2175	0,7078
	E	1	0,5935**	43,7401*	505,172**	846,209**	135,532**
	P x E	1	0,0036	3,7648	4,6026	16,69269*	10,1504*
	Res.	124	0,0084	8,06884	8,9357	3,50607	2,5583
	CV(%)		6,42	6,47	46,79	4,99	50,23
0-0,20	P	1	0,0043	2,7119	12,1876	0,2175	1,1797
	E	1	0,5008**	188,370**	50,1158**	846,209**	132,884**
	P x E	1	0,0035	36,8236*	25,9057*	16,6926*	1,6573
	Res.	124	0,04899	5,8605	5,9177	3,5061	2,4050
	CV (%)		14,90	5,59	43,18	4,99	48,06

CV - Coeficiente de variação (%); P: preparo do solo; E: época de amostragem; Trat.: tratamento; Res.: Resíduo; Ds: densidade do solo; Pt: porosidade total do solo; Ma: macroporosidade do solo; Mi: microporosidade do solo; RP: resistência mecânica do solo à penetração.

Na Figura 1 observa-se que maiores valores de Ds são encontrados no sistema de plantio direto na camada superficial (0,00-0,10 m), o que pode ser atribuído ao não revolvimento do solo nesta área. Ralisch et al. (2008) destacam que a implantação ocasional de sistemas de plantio direto pode resultar em compactação do solo. Já Laurindo et al. (2009), estudando os efeitos de manejos conservacionistas do solo nos atributos físicos, destacam que o revolvimento do solo no cultivo mínimo é responsável por reduzir a Ds. Contudo, ao analisar a camada de 0,10-0,20 m os valores de Ds se igualaram entre os preparos, o que provavelmente ocorreu devido à ação da ferramenta de preparo que promoveu maior pressão nesta camada, ou segundo Viana et al. (2011), ao rearranjo dos poros pós-preparo.

Ressalta-se que os valores de Ds obtidos nos sistemas de preparo do solo nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m estão abaixo da faixa de 1,51 a 1,59 Mg m⁻³ considerados máximos por Sá et al. (2016) e Oliveira et al. (2012) ao avaliarem a compactação em Latossolos de textura argilosa a muito argilosa. Camargo e Alleoni (1997) consideraram crítico o valor de 1,55 Mg m⁻³ em solos franco-argilosos a argilosos. Baquero et al. (2012) estudando atributos físicos de um Latossolo Vermelho Eutroférrico, com porcentagem de argila superior a 65%, destacaram que valores de 1,48 Mg m⁻³ indicam compactação, podendo restringir o crescimento e desenvolvimento da raiz, além de problemas agravantes de baixa infiltração de água e baixa aeração do solo. Assim, entende-se que nos sistemas estudados há tendência de compactação ao avaliar os valores de Ds na camada até 0,20 m de profundidade.

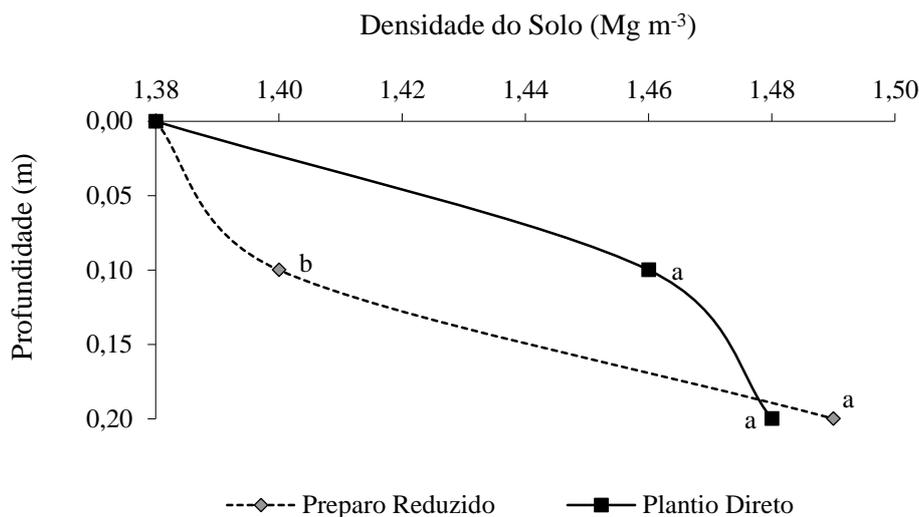


FIGURA 1. Valores médios de densidade do solo na camada de 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m de profundidade em função do preparo do solo. Dourados - MS, 2017. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$). Dourados - MS, 2017.

Ao analisar o desdobramento para Mi e RP na camada de 0,00-0,10 m de profundidade (Figura 2), observou-se incremento, tanto na Mi quanto na RP, da primeira para a segunda amostragem em ambos os preparos do solo. O aumento de RP se deve ao contínuo tráfego de tratores; sendo estes responsáveis por provocar compactação superficial (BERGAMIN et al., 2010); neste estudo ocorreu em razão da pressão exercida pelos rodados do trator nas operações de aplicação de produtos fitossanitários para manejo de plantas daninhas na cana-de-açúcar.

Contudo, não se esperava o aumento da Mi na camada superficial, visto que conforme Centurion et al. (2007) e Viana et al. (2011) este atributo é fortemente influenciado pela textura e pelo teor de carbono orgânico e muito pouco influenciado pelo aumento da Ds e RP, originada do tráfego de máquinas, implementos, etc. Todavia, Viana et al. (2011) comentam que em áreas com cana-de-açúcar, em função do preparo do solo praticado, pode-se verificar um rearranjo dos poros e pela supressão de macroporosidade ocasionando em aumento deste atributo.

Analisando-se o desdobramento de Pt, Ma e Mi na camada de 0,10-0,20 m (Figura 3), observou-se, tanto em preparo reduzido quanto em plantio direto, aumento dos valores dos atributos da primeira para a segunda avaliação. Nesta profundidade também houve variação da Mi, em ambos os preparos do solo, com aumento da primeira para a segunda avaliação, assim como ocorreu na camada de 0,00-0,10 m (Figura 2). Ao longo do tempo, verificou-se aumento na Pt em preparo reduzido e plantio direto; isso pode ser explicado pela relação direta entre porosidade total e macroporosidade, porém, tal relação

não foi verificado em plantio direto, onde a maior microporosidade possivelmente influenciou a porosidade total.

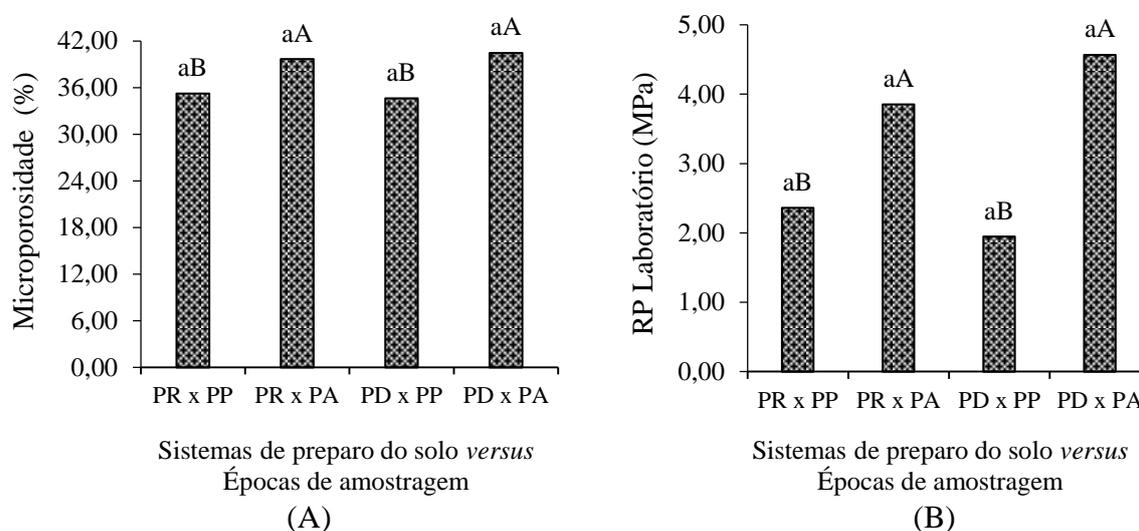


FIGURA 2. Valores médios do desdobramento de microporosidade (A) e resistência mecânica do solo à penetração (B) na camada de 0,00-0,10 m entre preparos do solo e épocas de amostragem. Dourados - MS, 2017. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula para efeito dos preparos do solo, minúscula para efeito das épocas de amostragem, não diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$). PP: Pós - preparo do solo; PA: Pós - aplicação de produtos fitossanitários.

Observando-se os valores médios dos atributos físicos nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, ao longo do tempo, observou-se aumento de D_s , P_t , M_i e R_P , e redução de M_a (Quadro 2). Podem-se verificar baixos valores de M_a em ambos os sistemas, inferiores a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, mínimo adequado para as trocas líquidas e gasosas entre o ambiente externo e o solo, e considerado crítico para o crescimento das raízes na maioria das culturas como enfatizam Centurion et al. (2007) e Rossetti e Centurion (2013).

Araújo et al. (2013), ao avaliarem dois sistemas de colheita de cana-de-açúcar em um Latossolo Vermelho Distrófico sob preparo convencional, verificaram valores de M_a semelhantes nas camadas avaliadas, ou seja, inferiores a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$; porém com valores de M_i acima de $0,40 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, o que pode indicar maior compactação nesta área.

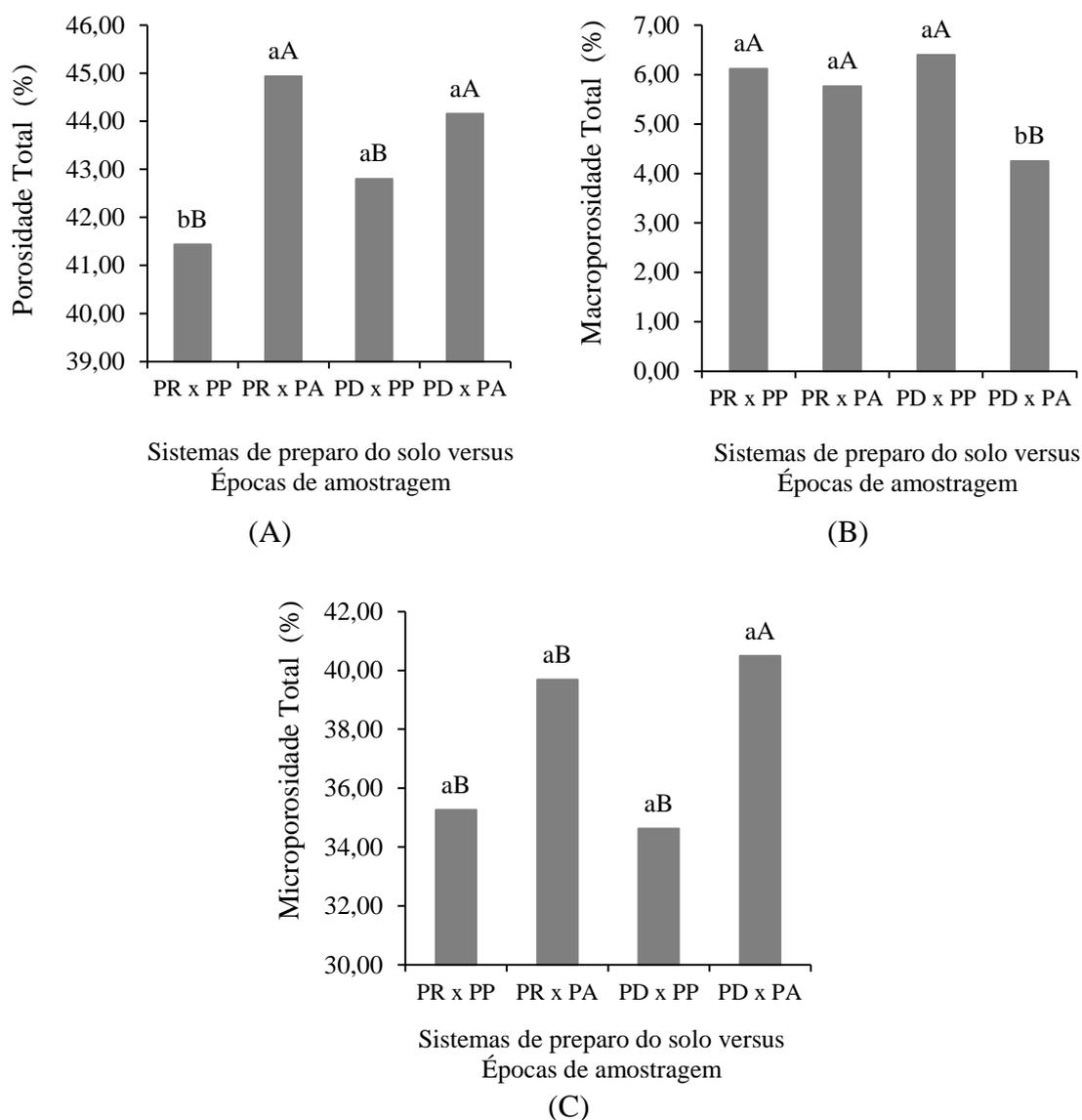


FIGURA 3. Valores médios do desdobramento de porosidade total do solo (A), macroporosidade (B) e microporosidade (C) na camada de 0,10-0,20 m entre preparos do solo e épocas de amostragem. Dourados - MS, 2017. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula para efeito dos preparos do solo, minúscula para efeito das épocas de amostragem, não diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$). PP: Pós - preparo do solo; PA: Pós - aplicação de produtos fitossanitários.

Os valores de RP após o manejo da cultura foram considerados altos, podendo representar limitação ao desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar, visto que conforme Sá et al. (2016), tais valores são superiores a 3,8 MPa. Os valores verificados neste estudo diferiram das observações de Baquero et al. (2012), que, ao avaliarem um Latossolo Vermelho eutroférico, de textura argilosa, sob preparo convencional, ao longo de vários ciclos de cana-de-açúcar, encontraram valores inferiores a 4,0 MPa na camada até 0,40 m. No entanto, valores de RP entre 3,0 e 4,0 MPa são considerados críticos para outras

culturas em sistema plantio direto, como relatado por Betioli Júnior et al. (2012) e Guimarães et al. (2013).

QUADRO 2. Valores médios de densidade do solo (Ds), porosidade total do solo (Pt), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e resistência mecânica do solo à penetração (RP) nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, em função das épocas de amostragem (PP: Pós - preparo do solo; PA: Pós - aplicação de produtos fitossanitários. Dourados - MS, 2017

Época de amostragem	0,00-0,10 m				
	Ds	Pt	Ma	Mi	RP
	Mg m ⁻³	-----m ³ m ⁻³ -----			MPa
PP	1,36 b	0,43 b	0,08 a	0,35 b	2,16 b
PA	1,50 a	0,44 a	0,04 b	0,40 a	4,21 a
0,10-0,20 m					
PP	1,36 b	0,42 b	0,06 a	0,35 b	2,21 b
PA	1,50 a	0,45 a	0,05 b	0,40 a	4,24 a

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste SNK (p<0,05).

Observou-se nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m valores de Ds abaixo da faixa de 1,51 a 1,59 Mg m⁻³ considerados máximos por Sá et al. (2016) e Oliveira et al. (2012) ao avaliarem a compactação em Latossolos de textura argilosa a muito argilosa. Laurindo et al. (2009), em estudo realizado no oeste do Paraná, em um Nitossolo argiloso, verificaram valores médios de densidade de 1,29 e 1,28 Mg m⁻³ em plantio direto e preparo reduzido, na camada de 0,00-0,20 m de profundidade, valores muito inferiores aos obtidos neste estudo.

CONCLUSÕES

O sistema plantio direto apresenta maior densidade e resistência do solo à penetração na camada de 0,00-0,10 m de profundidade, enquanto as demais não sofreram influência do preparo do solo.

Houve aumento da densidade do solo, porosidade total, microporosidade e resistência do solo à penetração e diminuição da macroporosidade após os tratamentos culturais nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n.6, p.711-728, 2013.

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.

ASABE. AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. Soil cone penetrometer. Saint Joseph, 2006b. p.902-904. (ASABE standard: ASAE S313.3 FEB04).

BAQUERO, J.E.; RALISCH, R.; CONTI, M.; TAVARES FILHO, C.; GUIMARÃES, M. F. Soil physical properties and sugarcane root growth in a red oxiso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.1, p.63-70, 2012.

BERGAMIN, A.C.; VITORINO, A.C.T.; FRANCHINI, J.C.; SOUZA, C M.A.; SOUZA, F.R. Compactação de 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.

BETIOLI JÚNIOR, E.; MOREIRA, W.H.; TORMENA, C.A.; FERREIRA, C.J.B.; SILVA, A.P.; GIAROLA, N.F.B. Intervalo hídrico ótimo e grau de compactação de um Latossolo Vermelho após 30 anos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, n.3, p.971-982, 2012.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997. 132p.

CAMILOTTI, F.; ANDRIOLI, I.; DIAS, F.L.F.; CASAGRANDE, A.A.; SILVA, A.R.; MUTTON, M.; CENTURION, J.F. Efeito prolongado de sistemas de preparo do solo com e sem cultivo de soqueira de cana crua em algumas propriedades físicas do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.189-98, 2005.

CARVALHO, L.A.; SILVA JUNIOR, A.A.; NUNES, W.A.G.A.; MEURER, I.; SOUZA JÚNIOR, W.S. Produtividade e viabilidade econômica da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo no Centro-oeste do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.34, n.1, p.200-211, 2011.

CENTURION, J.F.; FREDDI, O. SILVA da.; ARATANI, R.G.; METZNER, A.F.M.; BEUTLER, A.N.; ANDRIOLO, 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, n.2, p.199-209, 2007.

DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J.H.M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

FAGUNDES, E.A.A.; SILVA, T.J.A.; SILVA, E.M.B. Desenvolvimento inicial de variedades de cana-de-açúcar em Latossolo submetidas a níveis de compactação do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.2, p.188-193, 2014.

GIRARDELLO, V.C.; AMADO, T.J.C.; SANTI, A L.; CHERUBIN, M.R.; KUNZ, J.; TEIXEIRA, T G. Resistência à penetração, eficiência de escarificadores mecânicos e produtividade da soja em Latossolo argiloso manejado sob plantio direto de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, n.4, p.1234-1244, 2014.

GUIMARÃES, R.M.L.; BLAINSKI, E.; FIDALSKI, J. Intervalo hídrico ótimo para avaliação da degradação física do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, n.6, p.1512-1521, 2013.

KAMIMURA, K.M.; ALVES, M.C.; ARF, O.; BINOTTI, F.F.S. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho sob cultivo de arroz de terras altas em diferentes manejos do solo e água. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.3, p.723-731, 2009.

LAURINDO, M.C.O.; NÓBREGA, L.H.P.; PEREIRA, J.O.; MELO, D. de.; LAURINDO, E.L. Atributos físicos do solo e teor de carbono orgânico em sistemas de plantio direto e cultivo mínimo. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v.17, n.5, p.367-374, 2009.

MARASCA, I.; LEMOS, S.V.; SILVA, R.B.; GUERRA, S.P.S.; LANÇAS, K.P. Soil Compaction Curve of an Oxisol under Sugarcane Planted after In-Row Deep Tillage. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.39, n.5, p.1490-1497, 2015.

OLIVEIRA, P. R.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; FRANCO, H. B. J.; PEREIRA, F. S.; BÁRBARO JÚNIOR, L. S.; ROSSETTI, K. V. Qualidade física de um Latossolo Vermelho cultivado com soja submetido a níveis de compactação e de irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 587-597, 2012.

RALISCH, R.; MIRANDA, T.M.; OKUMURA, R.S.; BARBOSA, G.M.C. de.; Guimarães, M.F.; SCOPEL, E.; BALBINO, E.S. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.4, p.381-384, 2008.

ROSSETTI, K. V.; CENTURION, J. F. Sistemas de manejo e atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 472-479, 2013.

SÁ, M.A.C.; SANTOS JUNIOR, J.D.G.; FRANZ, C.A.B.; REIN, T.A. Qualidade física do solo e produtividade da cana-de-açúcar com uso da escarificação entre linhas de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1610-1622, 2016.

SILVA, A.A.; CASTRO, S.S. Indicadores macro e micromorfológicos da qualidade física de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar. **Mercator**, Fortaleza, v. 4, n. 3, p. 169-185, 2015.

SILVA, F.A.S. **ASSISTAT** - Assistência Estatística - versão 7.7 beta (pt). Programa computacional. Universidade Federal de Campina Grande-PB - DEAG/CTR. 2014. Disponível em: <<http://www.assistat.com/>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

SOUZA, G.S.; SOUZA, Z.M.; SILVA, R.B.; ARAÚJO, F.S.; BARBOSA, R.S. Compressibilidade do solo e sistema radicular da cana-de-açúcar em manejo com e sem controle de tráfego. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.4, p.603-612, 2012.

VALADÃO, F. C. A.; WEBER, O.L.; VALADÃO JÚNIOR, D.D.; SCARPINELLI, A.; DEINA, F. R.; BIANCHINI, A. Adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 243-255, 2015.

VIANA, E.T.; BATISTA, M.A.; TORMENA, C.A.; COSAT, A.C.S. da.; INOUE, T.T. Atributos físicos e carbono orgânico em Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.6, p.2105-2114, 2011.

VISCHI FILHO, O.J.; SOUZA, Z.M.; SILVA, R.A.; LIMA, C.C.; PEREIRA, D.M.G.; LIMA, M.E.; SOUSA, A.C.M.; SOUZA, G.S. Capacidade de suporte de carga de Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e efeitos da mecanização no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n.4, p.322-332, 2015.

7. CRESCIMENTO INICIAL DE OITO CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR, EM CANA-PLANTA, EM DOIS SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO

RESUMO

Na produção da cana-de-açúcar devem ser consideradas as condições edafoclimáticas, o manejo agrícola e o cultivar escolhido, visando alcançar adequados estandes de plantas e alta produtividade final. Objetivou-se avaliar o crescimento inicial de cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, em dois preparos do solo. O trabalho foi conduzido na FAECA-UFGD onde a área experimental foi dividida em duas subáreas, compostas pelo plantio direto e preparo reduzido. Em cada preparo foram cultivadas oito cultivares de cana-de-açúcar em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Realizou-se análise individual das cultivares dentro do preparo do solo e análise conjunta em esquema fatorial 8 x 2, com quatro repetições, sendo oito cultivares de cana e dois preparos do solo. Quando as cultivares RB965902, RB966928 e RB975201 são cultivadas em preparo reduzido do solo proporciona maiores números de perfilhos do que em plantio direto, enquanto o contrário ocorre na cultivar RB985476. No preparo reduzido do solo, a cultivar RB966928 apresenta maiores números de perfilhos, enquanto no plantio direto são as cultivares RB965902, RB985476 e RB855536. O diâmetro de colmos das cultivares RB965902, RB855156 e RB975242 é influenciado pelo preparo do solo. O solo sob plantio direto proporciona maior crescimento das cultivares, sendo o maior na cultivar RB985476 e menor na cultivar RB855156 em ambos os preparos do solo. As cultivares RB965902 e RB975242 tiveram maiores índice de clorofila foliar quando cultivadas em preparo reduzido do solo do que quando em plantio direto, enquanto o contrário ocorre na RB985476, sendo que as demais não são afetadas pelo preparo do solo.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., cana-planta, manejo do solo, perfilhamento.

GROWTH INITIAL OF CULTIVARS OF SUGARCANE, IN CANE-PLANT, IN TWO SOIL TILLAGE SYSTEMS

ABSTRACT

In sugarcane production, the soil and climatic conditions, the agricultural management and the cultivar chosen must be taken into account in order to reach adequate plant stands and high final productivity. The objective of this study was to evaluate the initial growth of sugarcane cultivars in cane-plant in two soil treatments. The work was conducted at FAECA-UFGD where the exercise area was divided into two subareas, composed by no-tillage and reduced tillage. Eight sugarcane cultivars were cultivated in each preparation in a completely randomized design, with four replications. Individual analysis of the cultivars was carried out in the soil preparation and in a 8 x 2 factorial scheme, with four replications, eight sugarcane cultivars and two soil preparation. When the cultivars RB965902, RB966928 and RB975201 are cultivated in reduced soil preparation, they provide larger numbers of tillers than in no-tillage, while the reverse occurs in cultivar RB985476. In the reduced soil preparation, cultivar RB966928 presents larger numbers of tillers, while no-tillage cultivars RB965902, RB985476 and RB855536. The stem diameter of cultivars RB965902, RB855156 and RB975242 is influenced by soil preparation. Soil under no-tillage provides higher cultivar growth, being the largest in cultivar RB985476 and lower in cultivar RB855156 in both soil tillage. The cultivars RB965902 and RB975242 had higher leaf chlorophyll content when cultivated in reduced soil tillage than in no-tillage, while the opposite occurs in RB985476, while the others are not affected by soil tillage.

Keywords: *Saccharum* spp., cane-plant, soil management, tillering.

INTRODUÇÃO

A produção brasileira de cana-de-açúcar vem aumentando nos últimos anos, sobretudo na região centro-sul do Brasil onde se destacam em área cultivada os estados de São Paulo (4.678,7 mil hectares), Goiás (908 mil hectares), Minas Gerais (811,2 mil hectares) e o Mato Grosso do Sul com 682,3 mil hectares, apresentando produtividade média de 66,5 toneladas de cana por hectare, em que aproximadamente 75% do ATR total (toneladas) é destinado para a produção de etanol, e desses 55% para a produção de etanol hidratado (CONAB, 2015).

Esse crescimento tornou-se possível em razão da liberação de novas variedades pelos programas de melhoramento genético, que permitiu o contínuo manejo varietal. Isso

exigiu informações acerca do desempenho das diferentes variedades em distintas condições edafoclimáticas e em seus diversos manejos do solo associados ao clima regional, visando à escolha e alocação corretas dos materiais nas respectivas unidades de produção de cana-de-açúcar (PRADO et al., 2010).

O sistema de produção da cana-de-açúcar envolve sucessivas operações mecanizadas, desde o preparo inicial do solo para plantio até à colheita mecanizada e transporte da matéria-prima. No pré-plantio, geralmente é realizado o sistema de preparo do solo convencional - constituído das operações de aração e gradagens subsequentes, que alteram a estrutura do solo e afetam o desenvolvimento inicial da cultura (CAMILOTTI et al., 2005; TAVARES et al., 2010; CARVALHO et al., 2011).

O manejo inicial do solo influencia os fatores ligados a alteração de pH e o ambiente radicular (TAVARES et al., 2010; CURY et al., 2014), e também sua estrutura relacionada às propriedades físico-hídricas fundamentais, como porosidade de aeração, disponibilidade de água às plantas, retenção de água, absorção de nutrientes e infiltração de água (SILVA e CASTRO, 2015).

Sob as mesmas condições ambientais, as variedades podem expressar diferenças quanto ao potencial genético, influenciando componentes relacionados à produção, entre eles a altura e diâmetro de colmos (COSTA et al., 2011; VERÍSSIMO et al., 2012; MORAIS et al., 2017) e perfilhamento (OLIVEIRA et al., 2004; COSTA et al., 2011; MORAIS et al., 2017), em um mesmo ciclo ou em ciclos sucessivos.

Tavares et al. (2010) ao avaliarem o desenvolvimento inicial de cana-planta e cana-soca em diferentes sistemas de preparo do solo, observaram, em geral, maior perfilhamento no preparo em que houve maior mobilização. Esse resultado, conforme Camilotti et al. (2005) pode ser atribuído a maior macroporosidade em superfície no solo mobilizado, pois este desagrega as partículas de solo, e maior densidade no plantio direto, no qual foi efetuada somente a sulcação para o plantio, o que pode ter dificultado inicialmente o perfilhamento.

Em contrapartida, em ciclos de cana-planta, Campos et al. (2014) não verificaram diferenças entre 16 cultivares de cana-de-açúcar para o perfilhamento, o que também foi encontrado encontrada por Morais et al. (2017), que, em trabalho realizado em Rio Grande do Sul, avaliando o desempenho de 12 clones, verificaram com relação ao número de colmos, respostas muito similares de clones, evidenciado pelo grande agrupamento dos mesmos.

Além dos fatores inerentes às cultivares e de manejo do solo, vale ressaltar a interferência de fatores climáticos e suas interações sobre o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar, que podem afetar a produtividade e longevidade do canavial. A variabilidade na distribuição na precipitação pluviométrica pode resultar em respostas diferentes no desenvolvimento e produtividade das variedades de cana-de-açúcar nos diferentes ciclos da cultura (ALMEIDA et al., 2008; ABREU et al., 2013). A necessidade hídrica varia em função da variedade utilizada e da fase vegetativa, tanto que nas fases iniciais de brotação, perfilhamento e crescimento vegetativo se houver restrição hídrica e temperaturas fora de sua amplitude térmica ideal de desenvolvimento, isto é, de 25 a 33°C (ALMEIDA et al., 2008), o crescimento dos colmos fica limitado, provocando também redução da produtividade da cultura (ABREU et al., 2013).

Diante da preocupação com a sustentabilidade de agrossistemas canavieiros, tem se questionado a adoção do sistema de preparo convencional do solo para implantação da cana-de-açúcar frente aos impactos das sucessivas operações em áreas anteriormente cultivadas com grãos, que, geralmente, não possuem restrições de fertilidade e impedimento físico (CARVALHO et al., 2011). Porém, essas informações devem ser investigadas em solos agrícolas suscetíveis à degradação, como os Latossolos Argilosos, a fim de almejar a sustentabilidade agrícola (SILVA e CASTRO, 2015).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento inicial de oito cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, em sistema de preparo reduzido e plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, no município de Dourados, MS (22° 13' 58" S, 54° 59' 57" W" e altitude de 418 m). O clima é do tipo Am, monçônico, com inverno seco, e precipitação média anual de 1500 mm, e temperatura média de 22°C (ALVARES et al., 2013). Os dados climáticos referentes ao período do plantio ao final das avaliações estão na Figura 1.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, cuja composição granulométrica e caracterização química são apresentadas no Quadro 1.

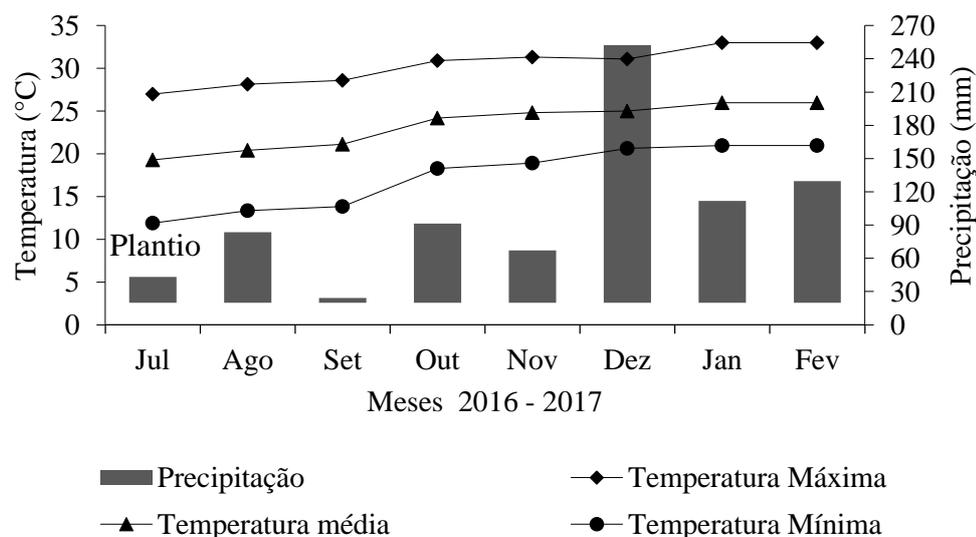


FIGURA 1. Dados meteorológicos mensais em cultivo de cana-de-açúcar (cana-planta) na região de Dourados, MS, durante o período de julho de 2016 a fevereiro de 2017. Dourados - MS, 2017.

QUADRO 1. Composição granulométrica e caracterização química do Latossolo Vermelho Distroférico da área experimental, nas camadas de 0,0-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m de profundidade. Dourados - MS, 2017

Atributos	Profundidade (m)		
	0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30
Areia ¹	251,5	241,1	258,3
Silte ¹	151,2	156,6	131,3
Argila ¹	597,3	602,3	610,4
pH (CaCl ₂)	4,8	4,3	4,3
Al ²	0,1	0,7	0,5
Ca ²	4,3	2,7	2,4
Mg ²	1,2	1,3	1,3
H+Al ²	4,0	5,3	5,4
K ²	0,1	0,1	0,2
P ³	11,8	3,8	3,8
SB ²	6,3	4,1	3,9
CTC ²	10,2	9,4	9,3
V (%)	61,5	43,2	41,8

pH: Potencial hidrogeniônico; Al: Alumínio trocável; Ca: Cálcio trocável; Mg: Magnésio trocável; H+Al: Acidez potencial; K = Potássio trocável; P: Fósforo assimilável; CTC: Capacidade de troca de cátions. (g kg⁻¹)¹; (cmol_c.dm⁻³)²; (mg.dm⁻³)³; V(%): Percentagem de saturação por bases.

Instalação do experimento

A área destinada ao experimento foi dividida em duas subáreas, compostas pelo plantio direto e preparo reduzido. Em cada preparo foi feito o plantio manual das cultivares de cana-de-açúcar no dia 21 de julho de 2016, considerando a densidade de 15

gemas por metro. Foram cultivadas oito cultivares de cana-de-açúcar (RB965902, RB985476, RB966928, RB855156, RB975201, RB975242, RB036066 e RB855536) em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Cada unidade experimental continha 5 linhas de cana com 5 metros de comprimento, espaçadas de 1,50 m (37,5 m²), num total de 32 unidades experimentais por preparo. A adubação para plantio foi uniforme para toda a área experimental, com aplicação de 0,3 Mg ha⁻¹ da formulação 10-25-26 de NPK.

Os ciclos de maturação e ambientes edafoclimáticos de produção são apresentados no Quadro 2.

QUADRO 2. Ciclos de maturação e ambientes edafoclimáticos de produção das oito cultivares de cana-de-açúcar estudadas. Dourados - MS, 2017

Cultivar	Maturação	Ambientes
RB965902	Precoce (Maio-Junho)	Média restrição
RB985476	Média (Julho-Setembro)	Média restrição
RB966928	Precoce (Abril-Maio)	Média restrição
RB855156	Precoce (Abril-Maio)	Baixa/média restrição
RB975201	Tardia (Agosto-novembro)	Alta restrição
RB975242	Tardia (Agosto-novembro)	Média/baixa restrição
RB036066	Média/tardia (Junho-Setembro)	Média restrição
RB855536	Média/tardia (Julho-Setembro)	Média/baixa restrição

Fonte: RIDESA, (2010); RIDESA, (2015).

O preparo reduzido do solo consistiu de gradagem pesada, enquanto que o plantio direto consistiu de trituração das plantas daninhas, e posteriormente, abertura de sulcos para plantio sem o prévio revolvimento do solo. No preparo do solo foram utilizados: triturador de palhas equipado com rotor de facas curvas de aço que trabalham em alta rotação, sulcador; grade aradora do tipo off-set, arrastada, com 16 discos de 0,76 m de diâmetro (30") em cada seção, na profundidade de 0,15 m. No momento do preparo, o teor de água no solo médio era 0,24 kg kg⁻¹, e a resistência mecânica do solo à penetração de 2,24 e 2,73 MPa, nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade, respectivamente.

Para as operações de preparo do solo e sulcação, foi utilizado o trator 4x2 New Holland, modelo 8030 de potência no motor de 89,79 kW (122 cv), rotação de 2200 rpm, 3ª marcha reduzida, pneus dianteiros 14.9-58 e traseiros 23.1-30, e massa de 4,51 Mg. Para a cobertura dos sulcos e tratamento fitossanitário, foi utilizado o trator 4x2 TDA Massey Ferguson, modelo MF292 de potência no motor 68,74 kW (92 cv), rotação de 2200 rpm,

3ª marcha reduzida, pneus dianteiros 7.50-18 e traseiros 18.4-34, e massa de 3,40 Mg; e pulverizador KO Cross-s 2000, pneus 9.5-24, e 14 m de barra. Durante o período das avaliações, foi realizado o controle das plantas daninhas com capina manual nas parcelas experimentais.

Crescimento de colmos

As avaliações de altura e diâmetro de colmos foram realizadas em dez plantas nas três linhas centrais de cada unidade experimental, considerando 1,0 m das extremidades de cada linha como bordadura, aos 100, 125, 150 e 215 dias após o plantio (DAP).

As medidas de altura de colmos foram feitas utilizando-se uma fita graduada, com resolução de 01 mm, para medir a distância da base do colmo até o colarinho (dewlap) da folha +1 (ABREU et al., 2013). O diâmetro de colmos foi mensurado com o auxílio de um paquímetro (BENETT et al, 2011), sendo a medição realizada na base dos colmos, a 5 cm do solo. O número de perfilhos por metro (NP) foi obtido pela contagem direta em 3 metros de sulco nas 5 linhas da parcela, aos 70, 98, 126 e 215 DAP; para tanto, considerou-se 1 m das extremidades das 5 linhas como bordadura.

Índice de clorofila foliar

Assim como para altura e diâmetro de colmos, as avaliações do índice de clorofila foliar (ICF) foram realizadas em dez plantas nas três linhas centrais de cada unidade experimental, considerando 1,0 m das extremidades de cada linha como bordadura, aos 100, 125, 150 e 215 dias após o plantio (DAP). As leituras do ICF foram feitas na posição do terço médio da lâmina foliar da folha +1 expandida a partir do ápice de cada planta, por meio de clorofilômetro modelo SPAD-502 (BENETT et al., 2011). O índice SPAD é utilizado como parâmetro relacionado com o diagnóstico do estado de nitrogênio e prognóstico da produtividade de culturas agrícolas.

Análises estatísticas

A fim de verificar se uma população possui variâncias iguais e correlações nulas, aplicou-se o teste de esfericidade de Mauchly (1940), ao nível $\alpha = 0,05$ de significância. Para as variáveis analisadas nos respectivos preparos do solo, todos os testes foram significativos, violando assim a suposição de esfericidade, ou seja, a matriz de

covariâncias não pode ser considerada do tipo Huynh-Feldt (HF); com isso, os resultados foram inválidos (ALVES et al., 2015).

Realizou-se análise individual das cultivares dentro do preparo do solo e análise conjunta em esquema fatorial 8 x 2, com quatro repetições, sendo oito cultivares de cana e dois preparos do solo. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, e as médias ao teste SNK, a 5% de probabilidade, com auxílio do programa computacional Assistat, versão 7.7 (SILVA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da variância mostrou que os efeitos avaliados preparo do solo (P) e cultivar (C) e a interação (P) versus (C) foram significativos para as variáveis número de perfilhos por metro (NP), aos 70, 98 e 126 dias após o plantio (DAP); porém, aos 215 DAP não se observou efeito do preparo do solo para NP (Quadro 3).

Para altura de colmos houve efeito somente dos fatores individuais (P) e (C) em todas as avaliações, com efeito apenas da cultivar aos 100 DAP. Quanto ao diâmetro de colmos, nota-se efeito somente dos fatores individuais (P) e (C), aos 100 DAP, e apenas da cultivar (C), aos 125 e 150 DAP. Contudo, aos 215 DAP houve efeito tanto dos fatores isolados (P) e (C), quanto da interação entre eles (Quadro 3).

A cultivar influenciou o índice de clorofila foliar (ICF), aos 100 e 125 DAP, enquanto que houve efeito dos fatores individuais e da interação (P) versus (C) aos 150 DAP e, aos 215 DAP, apenas da cultivar e da interação (P) versus (C) (Quadro 3).

A comparação das médias das referidas variáveis em preparo reduzido do solo é apresentada no Quadro 4. Dentre as cultivares estudadas, a RB966928 (3) apresentou maior NP: 23 perfilhos por metro, aos 126 DAP, entretanto, observou-se na mesma redução de 26%, aos 215 DAP. Em contrapartida, observou-se menor NP nas cultivares RB975201 (5) e RB975242 (6). Em geral, as cultivares apresentaram máximo perfilhamento aos 126 DAP (avaliação 3) com redução até os 215 DAP, exceto na RB985476 (2), RB975201 (5) e RB975242 (6) que provavelmente expressaram maior perfilhamento a medida em que houve aumento da precipitação pluviométrica e temperatura (Figura 1).

Esses resultados indicam resposta diferenciada das cultivares com relação ao perfilhamento, num período cujas condições climáticas foram desfavoráveis à brotação, com baixo suprimento hídrico e temperaturas mínimas próximas a 13°C. Apesar disso, o

potencial genético da cultivar RB966928, com características de maturação precoce-médio, elevado perfilhamento e estabilidade de produção, foi predominante em relação às cultivares RB975201 e RB975242, que apresentam maturação tardio e exigem ambientes favoráveis para expressar seu máximo potencial genético.

QUADRO 3. Análise dos dados de Número de perfilhos por metro (NP), aos 70, 98 e 126 e 215 dias após o plantio (DAP); e Altura de colmos, Diâmetro de colmos e Índice de clorofila foliar (ICF) para preparo do solo (P) e cultivar de cana (C), aos 100, 125 e 150 e 215 dias após o plantio (DAP). Dourados - MS, 2017

FV	GL	Quadrados médios			
		NP	Altura	Diâmetro	ICF
		70 DAP	-----	100 DAP	-----
Preparo (P)	1	10,240*	0,001	27,530**	29,875
Cultivar (C)	7	8,093**	0,002*	11,490**	34,902**
P x C	7	3,927*	0,001	2,642	7,348
Tratamentos	15	6,292**	0,002	8,430**	21,708*
Resíduo	48	1,580	0,000	3,078	9,174
CV (%)		29,66	15,43	13,28	8,21
		98 DAP	-----	125 DAP	-----
Preparo (P)	1	167,702**	0,007**	2,198	10,853
Cultivar (C)	7	115,105**	0,002**	4,615**	50,103**
P x C	7	16,909*	0,000	0,867	10,149
Tratamentos	15	72,787**	0,002**	2,705*	28,842**
Resíduo	48	7,593	0,000	1,386	5,502
CV (%)		22,71	10,08	7,00	6,14
		126 DAP	-----	150 DAP	-----
Preparo (P)	1	75,545**	0,529**	30,292	51,894**
Cultivar (C)	7	94,828**	0,054**	40,315**	65,714**
P x C	7	16,809*	0,005	7,498	18,737*
Tratamentos	15	57,134**	0,063**	24,332**	42,870**
Resíduo	48	6,143	0,013	9,198	7,040
CV (%)		16,47	17,15	10,11	6,42
		-----	215 DAP	-----	-----
Preparo (P)	1	6,502	0,168**	27,548**	0,6162
Cultivar (C)	7	39,300**	0,042**	28,136**	40,814**
P x C	7	10,495*	0,009	24,614**	13,818**
Tratamentos	15	23,671**	0,035**	26,453**	25,597**
Resíduo	48	4,258	0,011	3,127	3,302
CV (%)		13,81	5,23	5,68	4,22

* e ** $p \leq (5 \text{ e } 1\%)$. CV: Coeficiente de variação.

A maior rapidez das cultivares na obtenção do máximo perfilhamento, durante o desenvolvimento inicial, pode ser atribuída às condições ambientais favoráveis a partir dos 70 DAP, com o início das chuvas no mês de outubro que propiciou o suprimento

hídrico, bem como às temperaturas médias elevadas (Figura 1). Todavia, a baixa temperatura média no período de brotação (19°C), principalmente, retardou o perfilhamento, ao contrário do verificado por Almeida et al. (2008) que observaram acentuado aumento do número de perfilhos nas variedades RB92579, RB93509, SP79-1011 e RB93509 entre 30 e 60 DAP, em relação às avaliações subsequentes em cana-planta. Isto porque temperaturas abaixo de 20°C e acima de 35°C anulam o crescimento da cana-de-açúcar (MANHÃES et al., 2015).

QUADRO 4. Comparação das médias de Número de perfilhos por metro (NP, perfilhos m⁻¹), Altura de colmos (Alt, m), Diâmetro de colmos (DIA, mm) e Índice de clorofila foliar (ICF) em preparo reduzido do solo, durante as avaliações no desenvolvimento inicial das cultivares. Dourados - MS, 2017

Preparo reduzido (PR)								
Avaliação 1								
	1	2	3	4	5	6	7	8
NP	7,0 a	4,0 bc	6,0 ab	4,0 bc	3,0 c	3,0 c	5,0 ab	5,0 ab
Alt	0,19	0,17	0,18	0,19	0,15	0,17	0,19	0,16
DIA	13,73	14,10	11,41	12,32	13,45	13,10	11,30	11,10
ICF	38,7	35,7	37,8	42,9	36,5	36,4	35,0	37,6
Avaliação 2								
	1	2	3	4	5	6	7	8
NP	15,0 b	12,0 bc	23,0 a	13,0 bc	8,0 c	9,0 c	14,0 bc	17,0 b
Alt	0,23	0,21	0,22	0,22	0,20	0,21	0,23	0,19
DIA	17,36	17,54	16,54	16,92	17,48	17,81	16,69	15,76
ICF	42,0	33,8	36,1	43,1	37,9	37,4	37,6	40,9
Avaliação 3								
	1	2	3	4	5	6	7	8
NP	19,0 b	13,0 cd	23,0 ab	16,0 bc	11,0 d	11,0 d	16,0 bc	19,0 b
Alt	0,79	0,70	0,90	0,83	0,71	0,73	0,77	0,62
DIA	27,77	30,48	31,00	29,42	29,30	32,00	30,67	23,72
ICF	45,7 ab	36,7 d	39,0 cd	49,0 a	41,2 bc	42,2 bc	41,2 bc	42,9 bc
Avaliação 4								
	1	2	3	4	5	6	7	8
NP	17,0 ab	14,0 ab	17,0 ab	15,0 ab	14,0 b	13,0 b	13,0 b	18,0 a
Alt	2,15	2,17	2,14	1,98	2,00	2,00	2,14	1,98
DIA	26,34 d	37,53 a	30,81 c	31,9 bc	32,1 bc	34,43 b	30,29 c	30,85 c
ICF	46,1 a	40,6 c	40,6 c	46,4 a	43,8 ab	41,0 c	42,3 bc	44,7 ab

Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste SNK, a 5% de probabilidade. RB965902 (1); RB985476 (2); RB966928 (3); RB855156 (4); RB975201 (5); RB975242 (6); RB036066 (7); RB855536 (8).

Costa et al. (2011) comentam que essa redução no perfilhamento tem sido atribuída ao aumento da competição intra-específica pelos fatores de crescimento como

água, luz, nutriente e espaço, levando à morte aqueles perfilhos mais jovens, fracos e mal posicionados.

Observou-se aos 215 DAP (avaliação 4) maior diâmetro de colmos (37,53 mm) na cultivar RB985476 (2), enquanto o menor (26,34 mm) foi obtido na cultivar RB965902 (1) (Quadro 4). Esses valores estão de acordo com os obtidos por Oliveira et al. (2004), que, estudando o crescimento de três variedades no estado do Paraná, em ciclos de cana-planta, encontraram valores de diâmetro de colmo entre 10 e 33 mm.

Em relação ao ICF, observou-se maiores valores nas cultivares RB965902 (1) e RB855156 (4), nas avaliações 3 e 4; nesta não se diferenciando das cultivares RB975201 (5) e RB855536 (8). Benett et al. (2011) ao avaliarem o desenvolvimento da variedade RB855156, em cana-soca e cana-planta, encontraram ICF de 46,6 no período de avaliação em que houve maior precipitação pluviométrica, semelhante ao observado neste estudo. Ressalta-se que, aos 215 DAP (avaliação 4) observaram-se em todas as cultivares valores ICF superiores a 40, o que pode ser atribuído às melhores condições climáticas neste período (O'NEIL et al., 2006).

No Quadro 5 é apresentada a comparação das médias das variáveis avaliadas em solo sob plantio direto. Observou-se em todas as avaliações maior NP nas cultivares RB965902 (1), RB985476 (2) e RB855536 (8), que obtiveram maior perfilhamento aos 215 DAP devido ao aumento das chuvas e temperatura a partir do mês de dezembro (Figura 1). A cultivar RB966928 (3) teve redução de 18% no NP aos 215 DAP (avaliação 4). Já a cultivar RB975201 (5) teve o menor NP em todas as avaliações, sobretudo aos 98 DAP (avaliação 2) e 126 DAP (avaliação 3).

De acordo com Daros et al. (2010), esse resultado pode ser explicado pela excelente brotação do cultivar RB966928 (3) em cana-planta em ambientes com média a alta fertilidade do solo, que favorece a uma elevada estabilidade de rendimento em diferentes ambientes. Tal constatação foi obtida a partir de estudos nos estados de São Paulo e Paraná, onde em comparação com a variedade padrão RB855156 de maturação precoce, observou-se rendimento de cana 11% maior na média de quatro ciclos. No entanto, ressalta-se que cultivares precoces podem reduzir a produtividade no final do ciclo, por apresentarem alto consumo energético pelo elevado nível de perfilhamento (OLIVEIRA et al., 2004).

QUADRO 5. Comparação das médias de Número de perfilhos por metro (NP, perfilhos m⁻¹), Altura de colmos planta (Alt, m), Diâmetro de colmos (DIA, mm) e Índice de clorofila foliar (ICF) em plantio direto, durante as avaliações no desenvolvimento inicial das cultivares. Dourados - MS, 2017

Plantio direto (PD)								
Avaliação 1								
	1	2	3	4	5	6	7	8
NP	4,0 ab	5,0 a	4,0 ab	4,0 ab	2,0 b	4,0 ab	4,0 ab	4,0 ab
Alt	0,17	0,18	0,17	0,20	0,16	0,22	0,19	0,15
DIA	15,26	13,46	13,90	12,74	14,93	16,15	12,25	12,28
ICF	35,3	34,8	39,1	38,6	34,4	35,2	33,9	38,3
Avaliação 2								
	1	2	3	4	5	6	7	8
NP	9,0 a	11,0 a	14,0 a	11,0 a	4,0 b	9,0 a	11,0 a	14,0 a
Alt	0,23	0,25	0,25	0,27	0,21	0,26	0,22	0,22
DIA	16,72	16,43	17,38	16,76	17,30	17,94	15,64	14,99
ICF	37,1	35,8	37,7	42,1	38,5	35,5	36,0	39,5
Avaliação 3								
	1	2	3	4	5	6	7	8
NP	14,0 ab	16,0 ab	17,0 ab	15,0 ab	8,0 c	12,0 b	13,0 ab	17,0 a
Alt	0,54	0,55	0,68	0,65	0,49	0,64	0,61	0,43
DIA	28,65	30,43	29,67	31,50	31,29	35,48	30,39	28,00
ICF	38,3 b	39,1 b	39,7 b	45,8 a	40,1 b	38,0 b	39,9 b	42,6 ab
Avaliação 4								
	1	2	3	4	5	6	7	8
NP	17,0 ab	18,0 a	14,0 bc	13,0 bc	10,0 c	14,0 bc	12,0 c	18,0 a
Alt	1,95	2,10	2,00	1,90	1,90	2,00	2,00	1,88
DIA	31,17	30,47	30,55	28,72 b	33,54 a	31,35	28,47 b	29,62 b
ICF	40,7 b	44,0 a	40,4 b	47,0 a	44,2 a	40,8 b	40,3 b	46,5 a

Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste SNK, a 5% de probabilidade. RB965902 (1); RB985476 (2); RB966928 (3); RB855156 (4); RB975201 (5); RB975242 (6); RB036066 (7); RB855536 (8).

O diâmetro de colmos apresentou menor variação (Quadro 3), o que também foi verificado por Morais et al. (2017) quando estudaram variáveis relacionadas com a caracterização do colmo em 25 clones, tanto os de ciclo precoce quanto os de ciclo médio-tardio. De acordo com Costa et al. (2011) este comportamento se deve à dependência da variável em relação às características genéticas da planta, número de perfilhos, do espaçamento utilizado, da altura da planta, da área foliar e das condições climáticas.

Os valores de diâmetro de colmos nas cultivares mostraram comportamento diferente em relação ao preparo do solo, exceto na cultivar RB985476 (2) que obteve maior valor em ambos os preparos do solo (Quadro 4 e 5). Em contrapartida, a cultivar RB965902 (1) teve aumento de 18% em plantio direto em comparação ao preparo

reduzido, aos 215 DAP, concordando com Duarte Júnior e Coelho (2008) que observaram efeito benéfico do plantio direto sobre diâmetro de colmo em relação ao solo mobilizado.

Esse resultado, porém, não pode ser atribuído ao fator preparo do solo já que não se observou efeito do mesmo aos 215 DAP. Todavia, o maior diâmetro de colmos observado na cultivar RB965902 (1) em plantio direto, pode ter ocorrido em razão da menor altura apresentada no mesmo (1,95 m), em relação ao preparo reduzido (2,15 m) (Figura 3), corroborando com Costa et al. (2011) que destacam o fato de a planta ter investido suas reservas no aumento em espessura, enquanto às demais continuaram com maiores taxas de crescimento.

Os valores referentes ao índice de clorofila foliar (ICF) das cultivares, aos 150 e 215 DAP (avaliação 3 e 4), também foram superiores na cultivar RB855156 (4) que se diferenciou da cultivar RB965902 (1) em plantio direto (Quadro 5).

Houve diferença significativa entre o preparo reduzido (PR) e plantio direto (PAD), para número de perfilhos por metro (NP) nas cultivares RB965902 e RB966928, aos 70, 98 e 126 DAP; na cultivar RB975201, aos 98, 26 e 215 DAP; e na cultivar RB985476, aos 215 DAP (Quadro 6). No PR foram observados maiores valores de NP nas referidas cultivares, exceto na RB985476 que teve maior NP em PD (Quadro 6).

Esses resultados se devem, provavelmente, à mobilização do solo em PR, responsável por criar melhores condições físicas para o desenvolvimento radicular inicial da cultura. Tavares et al. (2010) ao avaliarem o desenvolvimento inicial de cana-planta e cana-soca em diferentes sistemas de preparo do solo, observaram, em geral, maior perfilhamento no preparo em que houve maior mobilização. Esse resultado, segundo Camilotti et al. (2005), pode ser atribuído a maior macroporosidade em superfície no solo mobilizado, pois este desagrega as partículas de solo, e maior densidade do solo em plantio direto, no qual foi efetuada somente a sulcação para o plantio, o que pode ter dificultado inicialmente o perfilhamento.

QUADRO 6. Número de perfilhos por metro (NP, perfilhos m⁻¹) de oito cultivares de cana-de-açúcar em preparo reduzido (PR) e plantio direto (PD), aos 70, 98, 126 e 215 dias após o plantio (DAP). Dourados - MS, 2017.

Cultivar	NP (perfilhos m ⁻¹)							
	70 DAP		98 DAP		126 DAP		215 DAP	
	PR	PD	PR	PD	PR	PD	PR	PD
RB965902	7,0 A	4,0 B	15,0 A	9,0 B	19,0 A	14,0 B	17,0 A	17,0 A
RB985476	4,0 A	5,0 A	12,0 A	11,0 A	13,0 A	16,0 A	14,0 B	18,0 A
RB966928	6,0 A	4,0 B	23,0 A	14,0 B	23,0 A	17,0 B	17,0 A	14,0 A
RB855156	4,0 A	4,0 A	13,0 A	11,0 A	16,0 A	15,0 A	15,0 A	13,0 A
RB975201	3,0 A	2,0 A	8,0 A	4,0 B	11,0 A	8,0 B	14,0 A	10,0 B
RB975242	3,0 A	4,0 A	9,0 A	9,0 A	11,0 A	12,0 A	13,0 A	14,0 A
RB036066	5,0 A	4,0 A	14,0 A	11,0 A	16,0 A	13,0 A	13,0 A	12,0 A
RB855536	5,0 A	4,0 A	17,0 A	14,0 A	19,0 A	17,0 A	18,0 A	18,0 A

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste SNK, a 5% de probabilidade.

Observa-se no Quadro 7 que não houve efeito do preparo do solo para altura de colmos das oito cultivares. Contudo, ao avaliar o crescimento verificou-se comportamento semelhante, com maior crescimento entre 150 e 215 DAP, período este que coincide com o aumento da precipitação pluviométrica e temperatura (Figura 1).

As características varietais e as condições ambientais são fundamentais para expressão máxima do potencial genético das variedades. Observou-se para todas as cultivares um crescimento lento até os 150 DAP, seguido de um rápido crescimento até os 215 DAP (Figura 1); nesse período com maiores valores de altura no PR do que no PD, exceto na cultivar RB975242.

Apesar disso, todas as cultivares estudadas apresentaram taxa de crescimento diário maior no PD quando comparado ao PR, onde foram obtidos menores valores de umidade do solo durante o período. Em seguida, com o aumento da temperatura e da precipitação pluviométrica houve um crescimento mais acelerado no período entre 150 e 215 DAP.

QUADRO 7. Altura de colmos (Altura, m), diâmetro de colmos (diâmetro, mm) e índice de clorofila foliar (ICF) de oito cultivares de cana-de-açúcar em preparo reduzido (PR) e plantio direto (PD), aos 100, 125, 150 e 215 dias após o plantio (DAP). Dourados - MS, 2017.

Cultivar	100 DAP					
	Altura (m)		Diâmetro (mm)		ICF	
	PR	PD	PR	PD	PR	PD
RB965902	0,19 A	0,17 A	13,73 A	15,26 A	38,7 A	35,3 A
RB985476	0,17 A	0,18 A	14,10 A	13,46 A	35,7 A	34,8 A
RB966928	0,18 A	0,17 A	11,41 A	13,90 A	37,8 A	39,1 A
RB855156	0,19 A	0,20 A	12,32 A	12,74 A	42,9 A	38,6 A
RB975201	0,15 A	0,16 A	13,45 A	14,93 A	36,5 A	34,4 A
RB975242	0,17 A	0,22 A	13,10 A	16,15 A	36,4 A	35,2 A
RB036066	0,19 A	0,19 A	11,30 A	12,25 A	35,0 A	33,9 A
RB855536	0,16 A	0,15 A	11,10 A	12,28 A	37,6 A	38,3 A
Cultivar	125 DAP					
	PR	PD	PR	PD	PR	PD
	RB965902	0,23 A	0,23 A	17,36 A	16,72 A	42,0 A
RB985476	0,21 A	0,25 A	17,54 A	16,43 A	33,8 A	35,8 A
RB966928	0,22 A	0,25 A	16,54 A	17,38 A	36,1 A	37,7 A
RB855156	0,22 A	0,27 A	16,92 A	16,76 A	43,1 A	42,1 A
RB975201	0,20 A	0,21 A	17,48 A	17,30 A	37,9 A	38,5 A
RB975242	0,21 A	0,26 A	17,81 A	17,94 A	37,4 A	35,5 A
RB036066	0,23 A	0,22 A	16,69 A	15,64 A	37,6 A	36,0 A
RB855536	0,19 A	0,22 A	15,76 A	14,99 A	40,9 A	39,5 A
Cultivar	150 DAP					
	PR	PD	PR	PD	PR	PD
	RB965902	0,79 A	0,54 A	27,77 A	28,65 A	45,7 A
RB985476	0,70 A	0,55 A	30,48 A	30,43 A	36,7 A	39,1 A
RB966928	0,90 A	0,68 A	31,00 A	29,67 A	39,0 A	39,7 A
RB855156	0,83 A	0,65 A	29,42 A	31,50 A	49,0 A	45,8 A
RB975201	0,71 A	0,49 A	29,30 A	31,29 A	41,2 A	40,1 A
RB975242	0,73 A	0,64 A	32,00 A	35,48 A	42,2 A	38,0 B
RB036066	0,77 A	0,61 A	30,67 A	30,39 A	41,2 A	39,9 A
RB855536	0,62 A	0,43 A	23,72 A	28,00 A	42,9 A	42,6 A
Cultivar	215 DAP					
	PR	PD	PR	PD	PR	PD
	RB965902	2,15 A	1,95 A	26,34 B	31,17 A	46,1 A
RB985476	2,17 A	2,10 A	37,53 A	30,47 A	40,6 B	44,0 A
RB966928	2,14 A	2,00 A	30,81 A	30,55 A	40,6 A	40,4 A
RB855156	1,98 A	1,89 A	31,90 A	28,72 B	46,4 A	47,0 A
RB975201	2,00 A	1,90 A	32,10 A	33,54 A	43,8 A	44,2 A
RB975242	2,00 A	2,00 A	34,43 A	31,35 B	41,0 A	40,8 A
RB036066	2,14 A	2,00 A	30,29 A	28,47 A	42,3 A	40,3 A
RB855536	1,98 A	1,88 A	30,85 A	29,62 A	44,7 A	46,5 A

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste SNK, a 5% de probabilidade.

Dentre as cultivares estudadas, a RB985476 foi a que apresentou maior crescimento diário ($2,00 \text{ cm dia}^{-1}$) a partir dos 150 DAP e a cultivar RB855156 apresentou menor crescimento diário ($1,67 \text{ cm dia}^{-1}$) no mesmo período de avaliação, em ambos os preparos do solo.

Oliveira et al. (2004) observaram que o período de maior crescimento ocorreu em duas fases: entre 279 e 323 DAP a variedade RB855536 apresentou um incremento de 99,2 cm, correspondendo a um acréscimo de $2,25 \text{ cm dia}^{-1}$, e a variedade RB72454 apresentou o maior crescimento entre os 323 e 377 DAP que foi de 97,5 cm, correspondendo a um acréscimo de $1,83 \text{ cm dia}^{-1}$.

Houve diferença significativa entre PR e PD, para diâmetro de colmos aos 215 DAP, com maiores valores em PR nas cultivares RB855156 e RB975242, enquanto que esses foram obtidos na cultivar RB965902 em PD (Quadro 7). Tavares et al. (2010), quando avaliaram índices biométricos em cana-planta e cana-soca, em diferentes sistemas de preparo do solo e de colheita, não observaram efeito do preparo sobre altura e diâmetro, atribuindo esse resultado a boa adaptação do canavial às novas condições edáficas, em cana-planta. Por outro lado, Duarte Júnior e Coelho (2008) observaram efeito benéfico do plantio direto sobre diâmetro de colmos em comparação ao solo mobilizado.

Houve diferença significativa entre PR e PD para índice de clorofila foliar (ICF), em que foi possível observar maiores valores de ICF em PR na cultivar RB965902, aos 150 e 215 DAP, e na RB975242, somente aos 150 DAP. O contrário foi obtido na cultivar RB985476 que teve maior valor ICF aos 215 DAP (Quadro 7). O comportamento diferenciado das cultivares com relação aos valores de ICF, ao final do desenvolvimento inicial, ocorreu em razão das leituras do índice de clorofila dependerem do potencial genético das cultivares e das condições climáticas (O'NEIL et al., 2006).

CONCLUSÕES

Quando as cultivares RB965902, RB966928 e RB975201 são cultivadas em preparo reduzido do solo proporciona maiores números de perfilhos do que em solo sob plantio direto, enquanto o cultivar RB 985476 quando cultivada em solo sob plantio direto proporciona maior número de perfilhos do que em preparo reduzido do solo, sendo que os outros cultivares não são afetadas pelo preparo do solo.

No preparo reduzido do solo, a cultivar RB966928 apresenta maiores números de perfilhos quando comparadas com as outras cultivares, enquanto no solo sob plantio direto são as cultivares RB985476, RB855536 e RB965902.

O diâmetro de colmo das cultivares RB965902, RB855156 e RB975242 é afetado pelo preparo do solo na fase de crescimento da cana-de-açúcar.

Houve maior crescimento das cultivares em solo sob plantio direto, sendo o maior na cultivar RB985476 e o menor na cultivar RB855156 em ambos os preparos do solo.

As cultivares RB965902 e RB975242 tiveram maiores índice de clorofila foliar quando cultivadas em preparo reduzido do solo do que quando em solo sob plantio direto, enquanto o contrário ocorreu na RB985476, sendo que as demais não são afetadas pelo preparo do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M.L.; SILVA, M.A.; TEODORO, I.; HOLANDA, L.A.; SAMPAIO NETO, G. D. Crescimento e produtividade de cana-de-açúcar em função da disponibilidade hídrica dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. **Bragantia**, Campinas, v.72, n.3, p.262-270, 2013.

ALMEIDA, A.C.S.; SOUZA, J.L.; TEODORO, I.; BARBOSA, G.V.S.; MOURA FILHO, G.; FERREIRA JÚNIOR, R.A. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, p.1441-1448, 2008.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

ALVES, R.M.; MADRUGA, M.R.; TAVARES, H.R.; LOBATO, T.C.; OLIVEIRA, T.F. Modelo de efeitos fixos com medida repetida aplicado em experimentos de melhoramento genético do cupuaçuzeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.37, n.4, p.993-1000, 2015.

BENETT, C.G.S.; BUZETTI, S.; SILVA, K.S.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; GARCIA, C. M.P.; MAESTRELO, P.R. Produtividade e desenvolvimento da cana planta e soca em função de doses e fontes de manganês. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.35, n.5, p.1661-1668, 2011.

CAMILOTTI, F.; ANDRIOLI, I.; DIAS, F.L.F.; CASAGRANDE, A.A.; SILVA, A.R.; MUTTON, M.; CENTURION, J.F. Efeito prolongado de sistemas de preparo do solo com e sem cultivo de soqueira de cana crua em algumas propriedades físicas do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.189-98, 2005.

CAMPOS, P.F.; ALVES JÚNIOR, J.; CASAROLI, D.; FONTOURA, P.R.; EVANGELISTA, A.W.P. Variedades de cana-de-açúcar submetidas à irrigação suplementar no cerrado goiano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, n.6, p.1139-1149, 2014.

CARVALHO, L.A.; SILVA JUNIOR, A.A.; NUNES, W.A.G.A.; MEURER, I.; SOUZA JÚNIOR, W.S. Produtividade e viabilidade econômica da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo no Centro-oeste do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.34, n.1, p.200-211, 2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar**. Safra 2015/2016, terceiro levantamento, v.2, 70p, dezembro/2015. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_12_27_16_30_01_boletim_cana_portugues_-3o_lev_-_16-17.pdf. Acesso em: 20 de setembro de 2017.

COSTA, C.T.S.; FERREIRA, V.M.; ENDRES, L.; FERREIRA, D.T.R.; GONÇALVES, E.R. Crescimento e produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar no quarto ciclo de cultivo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, n.3, p56-63, 2011.

CURY, T.N.; MARIA, I.C.; BOLONHEZI, D. Biomassa radicular da cultura de cana-de-açúcar em sistema convencional e plantio direto com e sem calcário. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.38, n.6, p.1929-1938, 2014.

DAROS, E.; BESPALHOK FILHO, J. C.; ZAMBON, J. L. C.; IDO, O. T.; OLIVEIRA, R. A.; RUORO, L.; WEBER, H. RB966928 – Early maturing sugarcane cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.10, n.3, p.278-281, 2010.

DUARTE JÚNIOR, J. B.; COELHO, F. C. A cana-de-açúcar em sistema de plantio direto comparado ao sistema convencional com e sem adubação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.6, p.576-583, 2008.

MANHÃES, C.M.; GARCIA, R.F.; FRANCELINO, F.M.A.; FRANCELINO, H.O.; COELHO, F.C. Fatores que afetam a brotação e o perfilhamento da cana-de-açúcar. **VÉRTICES**, Campos dos Goytacazes, v.17, n.1, p.163-181, 2015.

MAUCHLY, J.W. Significance test for sphericity of a normal n-variate distribution. **Annals of Mathematical Statistics**, An Arbor, v.11, n.2, p.204-209, 1940.

MORAIS, K.P.; MEDEIROS, S.L.P.; SILVA, S.D.A.; BIONDO, J.C.; BOELTER, J.H.; DIAS, F.S. Produtividade de colmos em clones de cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, Viçosa, v.64, n.3, p.291-297, 2017.

O'NEIL, P.M.; SHANAHAN, J.F.; SCHEPERS, J.S. Use of chlorophyll fluorescence assessments to differentiate corn hybrid response to variable water conditions. **Crop Sci**, Madison, v.46, n.1, p.681-687, 2006.

OLIVEIRA, R.A.; DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; KOEHLER, H.S.; SILVA, D.K.T. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no estado do Paraná. **Scientia Agrária**, Curitiba, v.5, n.1-2, p.87-94, 2004.

PRADO, H.; PÁDUA JÚNIOR., A.L.; GARCIA, J.C.; MORAES, J.F.L.; CARVALHO, J. P.; DONZELI, P.L. Solos e ambientes de produção. p.179-204. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. **Cana-de-açúcar**. 1º Ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2010. 882 p.

RIDESA (REDE INTERUNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO). **Liberação nacional de novas variedades "RB" de cana-de-açúcar**. Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro. Curitiba, Paraná, 2010. 64f. Disponível em: <<http://pmgca.dbv.cca.ufscar.br/html/downloads.php>>. Acesso em: 05 julho de 2017.

RIDESA (REDE INTERUNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO). **Liberação nacional de variedades RB de cana-de-açúcar**. Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro. Curitiba, Paraná, 2015. 72f. Disponível em: <<http://pmgca.dbv.cca.ufscar.br/html/downloads.php>>. Acesso em: 13 julho de 2017.

SILVA, F.A.S. **ASSISTAT** - Assistência Estatística - versão 7.7 beta (pt). Programa computacional. Universidade Federal de Campina Grande Campus de Campina Grande-PB - DEAG/CTRN. 2014. Disponível em: <<http://www.assistat.com/>>. Acesso em: 05 fev. 2017.

SILVA, M.A.; ARANTES, M.T.; RHEIN, A.F.L.; GAVA, G.J.C.; KOLLN, O.T. Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.3, p.241-249, 2014.

TAVARES, O.C.H.; LIMA, E.; ZONTA, E. Crescimento e produtividade da cana planta cultivada em diferentes sistemas de preparo do solo e de colheita. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.32, n.1, p.61-68, 2010.

VERÍSSIMO, M.A.A.; SILVA, S.D.A.; AIRES, R.F.; DAROS, E.; PANZIERA, W. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos precoces de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.4, p.561-568, 2012.

8. DESEMPENHO DE OITO CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDAS A DOIS TIPOS DE PREPARO DO SOLO

RESUMO

O estudo do desempenho de diferentes cultivares de cana-de-açúcar em distintas condições edafoclimáticas, de manejo do solo e épocas de colheita, contribui para gerar informações relevantes visando auxiliar a determinação dos ambientes de produção e, posteriormente, no manejo varietal em função do planejamento da colheita. Objetivou-se avaliar o desempenho de cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, em dois preparos do solo. O experimento foi conduzido de julho de 2016 a agosto de 2017, na FAECA-UFMG, onde a área experimental foi dividida em duas subáreas, compostas pelo plantio direto e preparo reduzido. Em cada preparo foram cultivadas oito cultivares de cana-de-açúcar em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Realizou-se análise individual das cultivares dentro do preparo do solo e análise conjunta em esquema fatorial 8 x 2, com quatro repetições, sendo oito cultivares de cana e dois preparos do solo. Foram avaliados os atributos de crescimento: número de perfilhos por metro (NP), altura de colmos, diâmetro de colmos e produtividade de colmos (TCH); bem como as características tecnológicas da matéria-prima: teor de sacarose (Pol), produtividade de POL (TPH), teor de sólidos solúveis (Brix), açúcares totais recuperáveis (ATR), açúcares redutores (AR) e fibra botânica. Houve maior crescimento de altura de colmos, diâmetro de colmos e NP até os 215 DAP, sendo o máximo perfilhamento obtido aos 300 DAP para todas as cultivares nos preparos do solo. O preparo do solo afeta NP, TCH e TPH, cujos valores foram maiores em plantio direto em comparação ao preparo reduzido. Sob condições ambientais durante o ciclo de cana-planta, as cultivares de maturação precoce (RB965902, RB966928 e RB855156) e a cultivar de ciclo médio (RB985476) têm produtividade e atributos tecnológicos superiores às demais; enquanto para a RB036066 estes são inferiores em ambos os preparos do solo.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., cana-planta, ciclo de cultivo, produção.

PERFORMANCE OF CULTIVARS OF SUGARCANE, IN CANE-PLANT, IN TWO SOIL TILLAGE SYSTEMS

ABSTRACT

The study of the performance of different sugarcane cultivars in different soil and climatic conditions, soil management and harvesting periods, contributes to generate relevant information aiming to help the determination of the production environments and, later, the varietal management in function of the harvest planning. The objective of this study was to evaluate the performance of sugarcane cultivars in cane-plant in two soil tillages. The experiment was conducted from July 2016 to August 2017, at FAECA-UFGD, where the experimental area was divided into two subareas, composed by no-tillage and reduced tillage. Eight sugarcane cultivars were grown in each preparation in a completely randomized design with four replications. Individual analysis of the cultivars was carried out in the soil preparation and in a 8 x 2 factorial scheme, with four replications, eight sugarcane cultivars and two soil preparation. The attributes of growth were evaluated: number of tillers per meter (NP), height of stalks, diameter of stalks and yield of stalks (TCH); (TPH), soluble solids content (Brix), total recoverable sugars (ATR), reducing sugars (AR), and fiber content. There was higher growth of stem height, stalk diameter and NP up to 215 DAP, with maximum tillering obtained at 300 DAP for all cultivars in soil preparation. Soil preparation affects NP, TCH and TPH, whose values were higher in no-tillage compared to reduced tillage. Under environmental conditions during the cane-plant cycle, early maturing cultivars (RB965902, RB 966928 and RB 855156) and medium-cycle cultivar (RB985476) have higher productivity and technological attributes than the others; while for RB036066 these are lower in both soil preparation.

Keywords: *Saccharum* spp., cane-plant, production.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos houve um aumento da área cultivada da cana-de-açúcar na região centro-sul, com destaque para os estados de São Paulo (4.678,7 mil hectares), Goiás (908 mil hectares), Minas Gerais (811,2 mil hectares) e o Mato Grosso do Sul (682,3 mil

hectares), apresentando produtividade média de 66,5 toneladas de cana por hectare, em que aproximadamente 75% do ATR total (toneladas) é destinado para a produção de etanol, e desses 55% para a produção de etanol hidratado (CONAB, 2015).

A crescente demanda dos produtos derivados da cana-de-açúcar é responsável pelo crescimento do setor sucroenergético brasileiro, por meio da expansão das unidades de produção e da construção de novas usinas. Este setor é caracterizado pela diversificação de produtos, com produção de açúcar e etanol; além do uso do bagaço para cogeração de energia elétrica (PEREIRA, 2014), bem como para produção de papel e furfural ou para alimentação animal (SILVA et al., 2015).

Esse crescimento em área e produção tornou-se possível em razão da liberação de novas variedades pelos programas de melhoramento genético, que permitiu o contínuo manejo varietal. Para um correto manejo varietal, devem-se levar em consideração os fatores ambientais, genéticos e a interação entre eles (VERÍSSIMO et al., 2012; ABREU et al., 2013), visando à expressão máxima do potencial genético da cultura, com o ajuste das fases de desenvolvimento às demandas hídricas e energéticas da cana-de-açúcar (ALMEIDA et al., 2008).

Nessa atividade, ao se substituir uma variedade por outra mais adaptada, produtiva e com melhores características tecnológicas, podem-se gerar ganhos altamente significativos; o que é atrativo tendo em vista o fato de que o pagamento da cana é com base no peso e no teor de sacarose e pureza dos colmos (SILVA et al., 2015).

Também o planejamento adequado das atividades envolvidas ao longo do ciclo da cultura da cana-de-açúcar, desde o preparo do solo até a colheita, é fundamental para atender à demanda de matéria-prima da indústria, tanto em quantidade como em qualidade. Entre elas, o preparo do solo tem papel relevante, pois, além de representar elevado custo de implantação, é realizado apenas no momento do plantio ou na renovação do canavial, ou seja, após, no mínimo, 5 ou 6 ciclos da cultura, sendo, portanto, fundamental na longevidade do canavial (CARVALHO et al., 2011). Porém, se executado em condições adequadas, proporciona melhorias nas funções do solo como aeração, disponibilidade e retenção de água e nutrientes e estrutura, envolvidas no crescimento e desenvolvimento radicular (VALADÃO et al., 2015).

O sistema de preparo convencional se realizado para plantio da cana-de-açúcar consiste, em geral, de uma sequência de distintas combinações de implementos agrícolas, como aração e gradagens (CAMIOTTI et al., 2005; TAVARES et al., 2010; CARVALHO et al., 2011). Enquanto que sistemas de preparo conservacionistas, como o

plantio direto, preparo reduzido ou cultivo mínimo, no entanto, podem ser uma opção sustentável, por reduzirem o revolvimento do solo, preservarem sua estrutura e diminuírem o custo de produção da cana-de-açúcar (CARVALHO et al., 2011). Além disso, conforme Kamimura et al. (2009), o sistema plantio direto, em que a semeadura é feita sem o preparo do solo, os restos culturais são mantidos na superfície, sendo um sistema mais eficaz na proteção da superfície do solo contra agentes erosivos.

Apesar da importância dos benefícios dos sistemas de preparo conservacionistas, como o cultivo mínimo e o plantio direto, para a cultura da cana-de-açúcar há poucas informações a respeito das interações entre tais manejos e o desempenho de diferentes cultivares. Esse conhecimento, levando-se em consideração os distintos ambientes de produção, é fundamental para o manejo varietal nas unidades de produção. Sendo assim, pesquisas com esta temática são importantes considerando-se o grande número de variedades recomendadas pelos programas de melhoramento genético e a elevada variabilidade de classes de solo em seus diversos manejos associados ao clima regional (PRADO et al., 2010).

Por esta razão, o trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho de oito cultivares de cana-de-açúcar cultivadas em um Latossolo Vermelho Distroférrico, sob plantio direto e preparo reduzido na região de Dourados - MS.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados, MS (22°13'58"S; 54°59'57" W" e 418 m de altitude), em um solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico, cuja composição granulométrica e caracterização química são apresentadas no Quadro 1.

O clima é do tipo Am, monçônico, com inverno seco, e precipitação média anual de 1500 mm, e temperatura média de 22°C (ALVARES et al., 2013). Durante o ciclo de cana-planta foi registrada precipitação pluviométrica média acumulada de 1400 mm ano⁻¹ e temperatura média de 23°C (Figura 1).

QUADRO 1. Composição granulométrica e caracterização química do Latossolo Vermelho Distroférico da área experimental, nas camadas de 0,0-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m de profundidade. Dourados - MS, 2017

Atributos	Profundidade (m)		
	0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30
Areia ¹	251,5	241,1	258,3
Silte ¹	151,2	156,6	131,3
Argila ¹	597,3	602,3	610,4
pH (CaCl ₂)	4,8	4,3	4,3
Al ²	0,1	0,7	0,5
Ca ²	4,3	2,7	2,4
Mg ²	1,2	1,3	1,3
H+Al ²	4,0	5,3	5,4
K ²	0,1	0,1	0,2
P ³	11,8	3,8	3,8
SB ²	6,3	4,1	3,9
CTC ²	10,2	9,4	9,3
V (%)	61,5	43,2	41,8

pH: Potencial hidrogeniônico; Al: Alumínio trocável; Ca: Cálcio trocável; Mg: Magnésio trocável; H+Al: Acidez potencial; K = Potássio trocável; P: Fósforo assimilável; CTC: Capacidade de troca de cátions. (g kg⁻¹)¹; (cmol_c.dm⁻³)²; (mg.dm⁻³)³.

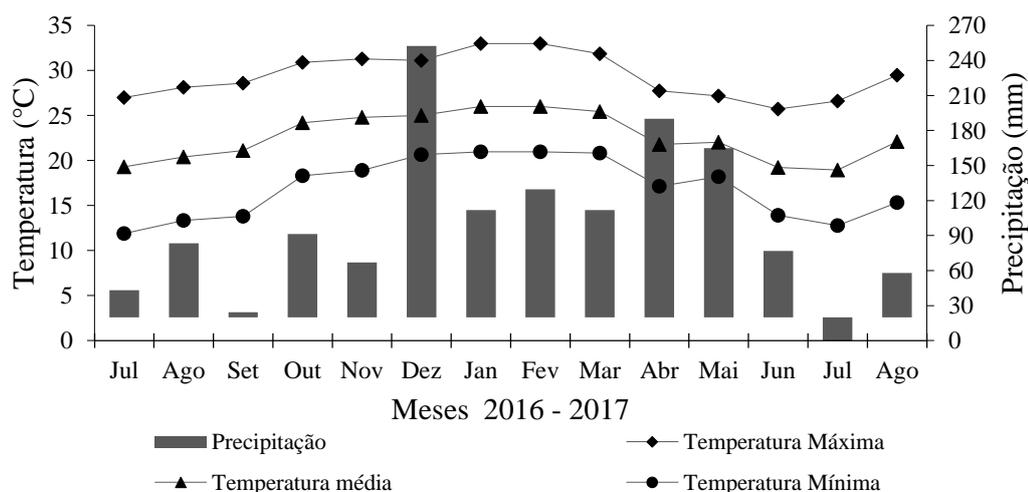


FIGURA 1. Dados meteorológicos mensais em cultivo de cana-de-açúcar (cana-planta) na área experimental, durante o período de julho de 2016 a agosto de 2017. Dourados - MS, 2017.

Instalação do experimento

A área destinada ao experimento, que estava em pousio há cerca de dois anos, após décadas sob cultivo de soja e milho, em um sistema de sucessão sem revolvimento do solo, foi dividida em duas subáreas, compostas pelo plantio direto e preparo reduzido. Em cada preparo foi feito o plantio manual das oito cultivares de cana-de-açúcar (RB965902, RB985476, RB966928, RB855156, RB975201, RB975242, RB036066 e RB855536), no dia 21 de julho de 2016, considerando a densidade de 15 gemas por metro, em um

delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Cada unidade experimental continha 5 linhas de cana com 5 metros de comprimento, espaçadas de 1,50 m (37,5 m²), num total de 32 unidades experimentais por preparo. A adubação para plantio foi uniforme para toda a área experimental, com aplicação de 0,3 Mg ha⁻¹ da formulação 10-25-26 de NPK no sulco de plantio.

O preparo reduzido do solo (PR) consistiu de gradagem pesada, enquanto que o plantio direto (PD) consistiu de trituração das plantas daninhas, e posteriormente, abertura de sulcos para plantio sem o prévio revolvimento do solo. No preparo das parcelas, foram utilizados: triturador de palhas equipado com rotor de facas curvas de aço que trabalham em alta rotação, sulcador; e grade aradora, tipo off-set, de arrasto, com 16 discos de 0,76 m de diâmetro (30") em cada seção, na profundidade de 0,15 m. No momento do preparo, o teor de água no solo médio era 0,24 kg kg⁻¹, e a RP de 2,24 MPa e 2,73 MPa, nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, respectivamente.

Para as operações de preparo e sulcação, foi utilizado o trator 4x2 New Holland, modelo 8030 de potência no motor de 89,79 kW (122 cv), rotação de 2200 rpm, 3ª marcha reduzida, pneus dianteiros 14.9-58 e traseiros 23.1-30, e massa de 4,51 Mg. Para a cobertura dos sulcos e tratamento fitossanitário, foi utilizado o trator 4x2 TDA Massey Ferguson, modelo MF292 de potência no motor 68,74 kW (92 cv), rotação de 2200 rpm, 3ª marcha reduzida, pneus dianteiros 7.50-18 e traseiros 18.4-34, e massa de 3,40 Mg; e pulverizador KO Cross-s 2000, pneus 9.5-24, 14 m de barra e capacidade do tanque de 2000 L, com massa de 0,75 Mg.

No Quadro 2 estão as principais características das cultivares de cana-de-açúcar estudadas.

QUADRO 2. Resumo das principais características das cultivares estudadas. Dourados - MS, 2017

Cultivar	Maturação	Ambientes	Características
RB965902	Precoce (Maio-Junho)	Média Restrição	Alta produtividade agrícola, alto perfilhamento, porte alto, bom fechamento entre linhas, tombamento eventual, elevado teor de sacarose e resistência ao carvão e às ferrugens.
RB985476	Média (Julho-Set.)	Média Restrição	Alta produtividade agrícola, alto perfilhamento, porte alto, bom fechamento entre linhas, tombamento eventual, elevado teor de sacarose e resistente ao carvão e às ferrugens.
RB966928	Precoce (Abril-Maio)	Média Restrição	Alta produtividade agrícola, alto perfilhamento, porte médio, bom fechamento entre linhas, tombamento eventual, médio teor de sacarose e tolerante ao carvão e às ferrugens.
RB855156	Precoce	Baixa/média	Média produtividade agrícola, médio perfilhamento, bom fechamento entre linhas, tombamento eventual, alto teor de sacarose e resistente ao carvão e às ferrugens.
RB975201	Tardia (Agosto-novembro)	Alta Restrição	Alta produtividade agrícola, alto perfilhamento, porte alto, excelente fechamento entre linhas, tombamento eventual, médio/alto teor de sacarose e resistente ao carvão e às ferrugens.
RB975242	Tardia (Agosto-novembro)	Média/baixa Restrição	Alta produtividade agrícola, bom perfilhamento, porte alto, excelente fechamento entre linhas, tombamento eventual, médio teor de sacarose e resistente ao carvão e às ferrugens.
RB036066	Média/tardia (Junho-Setembro)	Média Restrição	Alta produtividade agrícola, ótimo perfilhamento, porte alto, ótimo fechamento entre linhas, tombamento ausente, alto teor de sacarose, resistente ao carvão e às ferrugens.
RB855536	Média/tardia (Julho-Setembro)	Média/baixa Restrição	Alta produtividade agrícola, médio perfilhamento, ótimo fechamento entre linhas, tombamento ausente, alto teor de sacarose e tolerante ao carvão e às ferrugens.

Fonte: RIDESA (2010); RIDESA (2015).

Crescimento e produtividade tecnológica

Os dados foram coletados em ciclo de cana planta, com corte manual realizado aos 13 meses de idade, em agosto de 2017. As avaliações de altura e diâmetro de colmos

foram realizadas em 10 perfilhos nas três linhas centrais de cada unidade experimental, descartando-se 1,0 m das extremidades de cada linha como bordadura, aos 100, 125, 150, 215 e 395 dias após o plantio (DAP). As medidas de altura de colmos foram feitas utilizando-se uma fita graduada, com resolução de 01 mm, para medir a distância da base do colmo até o colarinho (dewlap) da folha +1 (ABREU et al., 2013). O diâmetro de colmos foi mensurado com o auxílio de um paquímetro (BENETT et al., 2011), com resolução de 0,01 mm, sendo a medição realizada na base dos colmos, a 5 cm do solo.

Aos 70, 98, 126, 215 e 395 DAP, o número de perfilhos por metro (NP) foi determinado de maneira direta, contando-se os perfilhos da área útil das unidades experimentais (ABREU et al., 2013); ou seja, em 3 metros de sulco nas 5 linhas (15 metros), considerando-se 1 m das extremidades como bordadura.

A avaliação da produtividade de colmos (TCH) foi determinada no momento do corte (395 DAP), por meio da contagem dos números de perfilhos e coleta de 10 colmos industrializáveis na área útil da unidade experimental; calculando-se a massa do feixe, sendo em seguida encaminhado ao Laboratório de Análises Químicas de uma Usina para determinação das seguintes variáveis: teor de sólidos solúveis (Brix), açúcares totais recuperáveis (ATR), açúcares redutores (AR), fibra botânica e teor de sacarose (POL) (FERNANDES, 2003; SOUZA et al., 2012). A produtividade de POL (TPH) foi obtida utilizando-se a Equação 1, conforme Souza et al. (2012b); Silva et al. (2014) e Campos et al. (2014).

$$TPH = \frac{TCH.POL}{100} \quad (1)$$

em que,

TCH - produtividade de cana, Mg de cana por hectare;

TPH - produtividade de POL, Mg de POL por hectare;

POL - teor de sacarose da cana, %.

Análise estatística

Realizou-se análise individual das cultivares dentro do preparo do solo e análise conjunta em esquema fatorial 8 x 2, com quatro repetições, sendo oito cultivares de cana e dois preparos do solo. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F seguido da aplicação do teste de SNK ($p < 0,05$). Foi feita análise de regressão das variáveis de crescimento, sendo que a curva que mais se ajustava a cada situação foi selecionada baseada no coeficiente de determinação, significância dos coeficientes de

regressão pelo teste t a 5% de probabilidade, utilizando-se o *software* estatístico SAEG, versão 9.1 (EUCLYDES, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio dos resultados da análise de variância, foram verificadas diferenças significativas entre as cultivares para altura de colmos, diâmetro de colmos, número de perfilhos por metro (NP) e produtividade de POL (TPH), em preparo reduzido do solo. Dentre estas variáveis, apenas para o diâmetro de colmos não se verificam diferenças significativas entre as cultivares em plantio direto, além do TCH que não diferiu entre as cultivares em ambos os preparos do solo. Porém, quando se realizou a análise fatorial, somente foi observado efeito da interação preparo (P) versus cultivar (C) para altura e diâmetro de colmos (Quadro 3).

Os valores do coeficiente de variação experimental (CV%) foram considerados baixos, para as variáveis altura e diâmetro de colmos e médios para as variáveis TCH e TPH (Quadro 3), demonstrando boa precisão do experimento (SOUZA et al., 2012; FERNANDES JÚNIOR et al., 2013).

Conforme se verifica na análise de variância para características tecnológicas (Quadro 4), foram detectadas diferenças altamente significativas ($p < 0,01$) entre as cultivares para Pol, ATR e Brix em preparo reduzido; enquanto que, além destas variáveis, também foi verificada significância ($p < 0,05$) para fibra botânica em solo sob plantio direto. Não houve efeito da interação preparo (P) versus cultivar (C) para as variáveis ao realizar a análise fatorial (Quadro 4).

Os valores do coeficiente de variação experimental (CV%) foram considerados baixos para as variáveis POL, fibra botânica, ATR e Brix e médios para a variável AR (Quadro 4), demonstrando boa precisão do experimento (SOUZA et al., 2012; FERNANDES JÚNIOR et al., 2013).

Em preparo reduzido do solo, a cultivar RB855156 diferiu das demais cultivares, exibindo o menor valor com relação à altura de colmos (2,64 m); enquanto que a cultivar RB985476 diferiu das demais cultivares, exibindo o maior valor com relação ao diâmetro de colmos (35,64 mm). Com relação ao NP, a cultivar RB965902 obteve o maior valor (18,0), mas não diferiu das cultivares RB966928 e RB855156 (Quadro 5).

Quando analisado o preparo reduzido do solo, observou-se que as oito cultivares não diferiram estatisticamente entre si, para a variável TCH, tendo as

produtividades variação entre 120,47 e 170,38 Mg ha⁻¹; enquanto em plantio direto houve maior variação de TCH em relação ao preparo reduzido, com valores entre 130,35 e 196,52 Mg ha⁻¹ (Quadro 5). Os referidos resultados foram semelhantes aos obtidos por Campos et al. (2014) que observaram variação de TCH entre 108,6 e 170,26 Mg ha⁻¹; no entanto, o estudo se deu em condições de irrigação suplementar para 16 variedades, o que levanta a hipótese de que as condições edafoclimáticas foram satisfatórias às cultivares avaliadas no presente estudo.

No solo sob preparo reduzido não se observou diferenças significativas entre oito cultivares avaliadas, para TPH, cujos valores variaram entre 16,60 e 25,60 Mg ha⁻¹ (Quadro 5). Ao analisar as variáveis no solo sob plantio direto, observou-se que as cultivares não diferiram estatisticamente entre si, para a variável diâmetro de colmos (Quadro 5). A cultivar RB855156 obteve maior NP, no entanto diferindo estatisticamente apenas das cultivares RB975201 e RB036066.

QUADRO 3. Resultados da análise de variância de Altura de colmos (m), diâmetro de colmos (mm), número de perfilhos por metro (NP), produtividade de colmos (TCH, Mg ha⁻¹) e produtividade de POL (TPH, Mg ha⁻¹), em Latossolo Vermelho Distroférico, sob preparo reduzido (PR) e plantio direto (PD). Dourados-MS, 2017

Preparo reduzido						
FV	GL	Quadrados médios				
		Altura	Diâmetro	NP	TCH	TPH
Cultivar	7	0,09322*	13,08604	13,12276*	1323,82132	52,60058*
Resíduo	24	0,01630	2,52721	2,86602	656,76568	15,72199
CV (%)		4,32	4,94	11,63	17,46	18,66
Plantio direto						
FV	GL	Quadrados médios				
		Altura	Diâmetro	NP	TCH	TPH
Cultivar	7	0,05530*	2,62553	24,66158*	2036,96618	97,79590*
Resíduo	24	0,01209	2,96309	7,77064	934,05531	20,66775
CV (%)		3,68	5,30	17,58	18,54	18,92
Fatorial						
FV	GL	Quadrados médios				
		Altura	Diâmetro	NP	TCH	TPH
Preparo (P)	1	0,02115	1,71501	27,21358*	5206,16364	123,56654*
Cultivar (C)	7	0,11659*	8,15109*	27,28058*	2493,34042	131,72077**
P x C	7	0,03193*	7,56048*	10,50377	867,44708	18,67571
Resíduo	48	0,01420	2,74515	5,31833	795,41050	18,19487
CV (%)		4,01	5,12	15,17	18,10	18,84

CV: Coeficiente de variação.

QUADRO 4. Resultados da análise de variância para teor de sacarose (Pol, %), fibra botânica (%), teor de sólidos solúveis (Brix, %), açúcar total recuperável (ATR, kg Mg⁻¹) e açúcar recuperável (AR, %), em 8 cultivares de cana-de-açúcar em Latossolo Vermelho Distroférrico, sob preparo reduzido (PR) e plantio direto (PD). Dourados-MS, 2017

		Preparo reduzido				
FV	GL	Quadrados médios				
		Pol	fibra	AR	ATR	Brix
Cultivar	7	5,46176**	0,47722	0,00470	485,15008*	5,01340**
Resíduo	24	0,65662	0,36943	0,00609	52,28387	0,35803
Total	31	1,74164	0,39377	0,00579	150,027857	1,40924
CV (%)		5,63	5,10	16,73	5,06	3,75
		Plantio direto				
FV	GL	Quadrados médios				
		Pol	fibra	AR	ATR	Brix
Cultivar	7	5,45164**	0,40754*	0,00638	496,85072*	5,72179**
Resíduo	24	0,45093	0,11847	0,00314	38,66923	0,31620
Total	31	1,58012	0,18375	0,00387	142,12956	1,53681
CV (%)		4,64	2,93	12,00	4,34	3,49
		Fatorial				
FV	GL	Quadrados médios				
		Pol	fibra	AR	ATR	Brix
Preparo (P)	1	0,07018	0,51825	0,00000	2,44074	0,37822
Cultivar (C)	7	10,66800*	0,51919	0,00897	957,77058*	10,49010*
P x C	7	0,24540	0,36558	0,00211	24,23022	0,24509
Resíduo	48	0,55377	0,24395	0,00462	45,47655	0,33712
Total	63	1,63563	0,29239	0,00475	143,79874	1,45565
CV (%)		5,16	4,17	14,56	4,71	3,62

Médias seguidas por letras iguais, não diferem entre si pelo teste de teste de SNK, a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação.

Em final de primeiro ciclo, Campos et al. (2014) não verificaram diferenças entre 16 cultivares de cana-de-açúcar para o perfilhamento. Resposta similar também foi encontrada por Morais et al. (2017), que, em trabalho realizado em Rio Grande do Sul, avaliando o desempenho de 12 clones, incluindo a RB855156, verificaram com relação ao número de colmos, respostas muito similares de clones, visto que houve um grande agrupamento de clones que não apresentaram diferenças estatísticas entre si, principalmente, em cana-planta.

Ainda em solo sob plantio direto, observou-se maior TPH na RB855156 em relação à RB975201, RB036066 e RB855536 (Quadro 5), o que pode ser explicado pela maturação tardia destas cultivares, porém, tal variabilidade genética não foi expressada em solo sob preparo reduzido. Tal evidência também foi observada por Silva et al. (2014) ao avaliarem o potencial produtivo de diferentes variedades de cana-de-açúcar irrigadas

plenamente por gotejamento durante dois ciclos e além de identificarem diferenças nas respostas de TPH devido à distinção genética dos materiais, destacaram que a cultivar RB855536 como menos produtiva em relação às cultivares SP85-1115, IACSP96-3060, RB867515 e IAC91-1099 no primeiro ciclo da cultura.

QUADRO 5. Valores médios de altura e diâmetro de colmos, número de perfilhos por metro (NP), produtividade de colmos (TCH, Mg ha⁻¹) e produtividade de POL (TPH, Mg ha⁻¹), em 8 cultivares de cana-de-açúcar em Latossolo vermelho Distroférrico, sob preparo reduzido e plantio direto. Dourados-MS, 2017

Preparo reduzido					
	Altura	Diâmetro	NP	TCH	TPH
RB965902	2,92 a	29,30 b	18,0 a	166,68 a	24,90 a
RB985476	3,16 a	35,64 a	14,0 b	170,38 a	25,60 a
RB966928	3,10 a	32,15 b	16,0 ab	158,50 a	24,15 a
RB855156	2,64 b	32,66 b	15,0 ab	149,28 a	23,43 a
RB975201	2,98 a	32,81 b	13,0 b	134,74 a	19,10 a
RB975242	2,92 a	31,57 b	12,0 b	127,21 a	18,51 a
RB036066	3,00 a	32,34 b	14,0 b	146,86 a	17,94 a
RB855536	2,94 a	30,91 b	14,0 b	120,47 a	16,40 a
CV (%)	4,32	4,94	11,63	17,46	18,66
Plantio direto					
	Altura	Diâmetro	NP	TCH	TPH
RB965902	2,88 b	32,57 a	17,0 ab	176,46 a	26,38 ab
RB985476	3,10 ab	32,10 a	17,0 ab	179,10 a	27,15 ab
RB966928	3,20 ab	32,36 a	17 ab	175,00 a	27,29 ab
RB855156	2,89 b	33,10 a	20,0 a	196,52 a	30,72 a
RB975201	3,00 ab	33,51 a	13,0 b	145,47 a	20,00 bc
RB975242	2,98 b	33,34 a	16,0 ab	172,84 a	24,80 ab
RB036066	2,85 b	32,00 a	12,0 b	130,35 a	15,72 c
RB855536	2,99 b	31,00 a	16,0 ab	142,69 a	20,17 bc
CV (%)	3,68	5,30	17,58	18,54	18,92

Médias seguidas por letras iguais, não diferem entre si pelo teste de teste de SNK, a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação.

No Quadro 6 é possível observar que a cultivar RB855156 obteve maior altura de colmos em plantio direto do que em preparo reduzido, o mesmo ocorrendo para o diâmetro de colmos na RB965902. Porém, a RB985476 obteve maior diâmetro em preparo reduzido do que em plantio direto. As demais cultivares não diferiram com relação ao preparo do solo.

O diâmetro dos colmos é uma das características morfológicas que apresenta menor variação, pois essa variável depende das características genéticas da planta, do

número de perfilhos, do espaçamento utilizado, da altura da planta, da área foliar e das condições climáticas (COSTA et al., 2011).

De fato, a altura e o diâmetro dos colmos são os principais componentes que mais se correlacionam com a produtividade de colmos em conjunto com o perfilhamento (SILVA et al., 2008; MORAES et al., 2017), sobretudo em condição adequada de disponibilidade hídrica no solo a qual capacita as variedades responsivas para melhor manifestarem seu potencial genético (SILVA et al., 2014).

QUADRO 6. Valores médios de altura de colmos (altura, m) e diâmetro de colmos (diâmetro, mm), em 8 cultivares de cana-de-açúcar em Latossolo Vermelho Distroférico, sob preparo reduzido (PR) e plantio direto (PD). Dourados-MS, 2017

Cultivar	Altura		Diâmetro	
	PR	PD	PR	PD
RB965902	2,92 A	2,88 A	29,30 B	32,57 A
RB985476	3,16 A	3,10 A	35,64 A	32,10 B
RB966928	3,10 A	3,20 A	32,15 A	32,36 A
RB855156	2,64 B	2,89 A	32,66 A	33,10 A
RB975201	2,98 A	3,00 A	32,81 A	33,51 A
RB975242	2,92 A	2,98 A	31,57 A	33,34 A
RB036066	3,00 A	2,85 A	32,34 A	32,00 A
RB855536	2,94 A	2,99 A	30,90 A	31,00 A
CV (%)	4,32	3,68	4,94	5,30

Médias seguidas por letras iguais, não diferem entre si pelo teste de teste de SNK, a 5% de probabilidade.
CV: Coeficiente de variação.

Ao realizar a análise fatorial para preparo (P) e cultivar (C) observou-se efeito individual do fator (P) para NP, TCH e TPH (Quadro 3), variáveis que obtiveram maior valor médio em plantio direto (PD) do que em preparo reduzido (PR) do solo (Quadro 7). Ressalta-se que os valores médios em ambos os preparos do solo, para TCH e TPH, foram superiores aos verificados por Silva Junior et al. (2013) estudando o desempenho agrônomico da cultivar SP81-3250 em Latossolo Vermelho distrófico argiloso, sob diferentes preparos convencional e cultivo mínimo, na região de Rio Brilhante, no estado do Mato Grosso do Sul. Ao contrário do obtido neste estudo, verificaram menores valores de TCH (145,05 Mg ha⁻¹) e TPH (17,41 Mg ha⁻¹) em plantio direto, quando comparados aos outros sistemas de preparo do solo, sobretudo em ciclo de cana-planta.

Os melhores resultados para estas variáveis podem ser atribuídos aos menores valores de resistência mecânica à penetração do solo (média e máxima), na camada de 0,20-0,40 m, tanto na posição do entrerrodado quanto na linha de plantio, no solo sob

plantio direto em relação ao com preparo reduzido, que obteve valores de resistência à penetração máxima superiores a 3,15 MPa nas referidas posições de amostragem, além de menores valores de umidade do solo verificados até os 180 dias após o plantio no preparo reduzido. Isso é importante de ser destacado visto que mais de 90% de raízes da cana-de-açúcar se desenvolvem nas camadas entre 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m, conforme Cury et al. (2014) e, segundo Sá et al. (2016), valores de RP acima de 3,8 MPa, para um solo argiloso (600 g kg^{-1}), podem representar redução da massa de raízes.

QUADRO 7. Valores médios de número de perfilhos por metro (NP), produtividade de colmos (TCH, Mg ha^{-1}) e produtividade de POL (TPH, Mg ha^{-1}), em 8 cultivares de cana-de-açúcar em Latossolo Vermelho Distroférico, sob preparo reduzido (PR) e plantio direto (PD). Dourados-MS, 2017

Preparo (P)	Variáveis		
	NP	TCH	TPH
PR	14,6 b	146,76 b	21,25 b
PD	15,9 a	164,80 a	24,03 a

Médias seguidas por letras iguais, não diferem entre si pelo teste de teste de SNK, a 5% de probabilidade.

No Quadro 8, a cultivar RB036066 obteve valores inferiores para as variáveis Pol, ATR e Brix, em relação às demais cultivares, tanto em preparo reduzido quanto em plantio direto. Em preparo reduzido, as cultivares RB965902, RB985476, RB966928, RB855156, RB975201 e RB975242 não diferiram quanto aos valores de Pol, ATR e Brix; enquanto em plantio direto foram as cultivares RB965902, RB985476, RB966928 e RB855156. Neste preparo, a RB975201 e a RB975242 obtiveram valores inferiores de Brix juntamente com a RB855536, os quais foram apenas superiores ao obtido na RB036066.

Salienta-se que essas variáveis são influenciadas pela variedade, pelo ambiente de produção e, sobretudo pela disponibilidade de água visto que o teor de açúcar costuma ser adversamente afetado pelo excesso de umidade no estágio de maturação (SILVA et al. 2014). Nesse sentido, é possível que as cultivares RB975201, RB975242, RB855536, RB036066, por apresentarem ciclo de maturação tardio obtiveram Brix inferior às cultivares RB965902, RB985476, RB966928 e RB855156 de ciclo precoce e médio em plantio direto.

QUADRO 8. Valores médios dos dados do teor de sacarose (Pol, %), fibra (%), teor de sólidos solúveis (Brix, %), açúcar total recuperável (ATR, kg Mg⁻¹) e açúcar recuperável (AR, %), em 8 cultivares de cana-de-açúcar em Latossolo Vermelho Distroférico, sob preparo reduzido (PR) e plantio direto (PD). Dourados-MS, 2017

Preparo reduzido					
	Pol	fibra	AR	ATR	Brix
RB965902	14,97 ab	12,10 a	0,46 a	148,42 a	16,58 a
RB985476	15,10 ab	12,35 a	0,44 a	149,35 a	16,60 a
RB966928	15,22 ab	11,65 a	0,44 a	151,14 a	16,77 a
RB855156	15,70 a	11,62 a	0,41 a	155,00 a	17,00 a
RB975201	14,15 ab	11,44 a	0,49 a	140,80 ab	15,84 ab
RB975242	14,52 ab	12,39 a	0,47 a	144,17 ab	16,16 a
RB036066	12,10 c	12,00 a	0,52 a	121,00 c	13,66 c
RB855536	13,46 b	11,87 a	0,49 a	134,12 b	15,00 b
CV (%)	5,63	5,10	16,73	5,06	3,75
Plantio direto					
	Pol	fibra	AR	ATR	Brix
RB965902	14,98 ab	11,84 ab	0,44 a	148,27 ab	17,10 a
RB985476	15,20 ab	11,64 ab	0,49 a	150,90 ab	16,98 a
RB966928	15,63 a	11,98 ab	0,40 a	154,21 a	16,90 a
RB855156	15,57 a	11,31 b	0,44 a	153,94 a	17,00 a
RB975201	13,72 c	11,38 b	0,53 a	135,49 c	15,57 c
RB975242	14,33 ab	11,61 ab	0,48 a	142,46 ab	15,98 c
RB036066	12,12 d	11,90 ab	0,49 a	121,26 d	13,59 d
RB855536	14,15 bc	12,27 a	0,47 a	140,59 bc	15,75 c
CV (%)	4,64	2,93	12,00	4,34	3,49

Médias seguidas por letras iguais, não diferem entre si pelo teste de teste de SNK, a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação.

Veríssimo et al. (2012) ao avaliarem quinze variedades de maturação precoce nas safras 2009/2010 e 2010/2011, verificaram para a RB966928 elevada riqueza e produtividade de Brix, estabilidade moderada e ampla adaptabilidade, enquanto a cultivar RB855156 padrão mostrou adaptação específica e estabilidade moderada.

Observou-se que, dentre todas as cultivares, apenas a RB036066 obteve valor de Pol inferior a 13%, valor que viabiliza o processamento industrial; porém, ao avaliar o Brix verifica-se para todas as cultivares valores inferiores a 18%, considerado adequado no decorrer da safra (SILVA et al., 2015).

Em relação ao ATR, verifica-se valores entre 121,00 e 155,00 kg Mg⁻¹ em preparo reduzido, e, 121,26 e 154,21 kg Mg⁻¹ em plantio direto. Silva et al. (2014) relatam que dentre os parâmetros tecnológicos de qualidade da cana-de-açúcar, o ATR é fundamental para a indústria e para os produtores visto que, em função desta variável as unidades industriais elaboram o preço pago aos produtores. Nesse sentido, a qualidade

tecnológica dos colmos decorrentes da melhor expressão do atributo ATR é, em parte, devida ao melhor desempenho das variedades de ciclo precoce e médio (RB965902, RB985476, RB966928 e RB975201), bem como da RB975242, em ambos os preparos do solo. No entanto, o contrário pode ser observado na RB036066, que obteve os menores valores de ATR.

As cultivares diferiram com relação à fibra botânica, sendo o maior valor obtido na RB855536, enquanto os menores foram obtidos na RB855156 e RB975201. Para fibra botânica houve variação entre 11,44 e 12,39% e 11,31 e 12,27%, em preparo reduzido e plantio direto, respectivamente (Quadro 8). Valores semelhantes foram verificados por Maschio (2011) e Campos et al. (2014). Os valores de fibra botânica obtidos foram inferiores ao encontrado por Silva et al. (2014) em estudo realizado com diferentes variedades, incluindo a RB855536, cujo valor médio variou entre 13,6 e 12,8%, nos primeiro e segundo ciclos de avaliação; e aos obtido por Simões et al. (2015) que reportaram valores crescentes entre 13,8, 14,9 e 16,6% de cana-planta para primeira e segunda socas, respectivamente.

Ressalta-se que os valores médios de fibra botânica ideal variam de 10,5 a 12,5%, considerados importantes para a manutenção energética das indústrias que processam a cana-de-açúcar. Isso porque o valor de fibra botânica na cana-de-açúcar inferior a 10,5% é indesejável devido ao balanço energético nas usinas e alambiques tendo em vista a necessidade de queimar mais bagaço para manter o poder calorífico nas caldeiras (FERNANDES, 2003).

Os valores de AR não diferiram entre as cultivares em ambos os preparos do solo e variaram entre 0,41 e 0,53% (Quadro 8), sendo, portanto, considerados adequados uma vez que se encontram abaixo de 0,8%, conforme Simões et al. (2015).

Neste estudo, as cultivar RB036066 tem atributos tecnológicos inferiores às demais, tanto em plantio direto, quanto em preparo reduzido; destacando-se que neste preparo as demais cultivares não expressaram diferenças quanto aos atributos tecnológicos. Entretanto, as cultivares precoces (RB965902, RB966928, RB855156) e a cultivar de ciclo médio (RB985476) surgiram como melhores opções a considerar no manejo varietal para o plantio de inverno na região de Dourados - MS, devido ao desempenho em termos de crescimento e produtividade tecnológica.

Em ciclo de cana-planta foi observado que a altura de colmos apresentou modelo de regressão linear quadrático, em todas as cultivares em plantio direto e preparo reduzido (Quadro 9), enquanto, para diâmetro de colmos foi observado, em todas as

cultivares, modelo de regressão linear raiz quadrada, com exceção da cultivar RB975201, que apresentou modelo de regressão linear quadrático quando cultivada em preparo reduzido (Quadro 10).

Em relação ao número de perfilhos por metro (NP) em função do tempo, todas as cultivares apresentaram modelo de regressão linear raiz quadrada, com exceção da cultivar RB966928, que apresentou modelo de regressão linear cúbico quando cultivada em preparo reduzido (Quadro 11).

A altura de colmos apresentou aumento desde a primeira até a última avaliação para todas as cultivares. Verificou-se também que as maiores taxas de crescimento do colmo foram observadas no período entre 150 e 215 dias após o plantio (DAP) para todas as cultivares nos sistemas de preparo do solo, o que coincidiu com o aumento da precipitação pluviométrica e temperatura (Figura 1).

No mesmo período, para a cultivar RB985476 foram verificadas as taxas máximas de 2,20 cm dia⁻¹ e de 2,13 cm dia⁻¹ em plantio direto e preparo reduzido, respectivamente; enquanto que foram verificadas as taxas mínimas de 1,25 cm dia⁻¹, na cultivar RB855156 em preparo reduzido, e 1,44 cm dia⁻¹ na cultivar RB975201 em plantio direto. A partir das taxas máximas observou-se redução devido ao início da fase de maturação da cultura e também à redução da precipitação, concordando com Tavares et al. (2010) e Abreu et al. (2013) ao avaliarem o crescimento de cana-planta e cana-soca. Verificou-se ainda que, tanto em preparo reduzido quanto em plantio direto, a RB966928 teve maior crescimento de colmos no final do ciclo e a RB855536, o menor.

Na região Centro Sul do Brasil, Oliveira et al. (2004) notaram, em variedades não irrigadas, os maiores ganhos em altura de colmos entre os meses de dezembro a março, com taxas médias de crescimento de 1,7 cm dia⁻¹, proporcionando estaturas finais de colmo de 3,26 m, valores próximos aos observados neste estudo.

Campos et al. (2014), quando avaliaram o desempenho de 16 variedades de cana-de-açúcar, em ciclos de cana-planta, submetidas à irrigação suplementar em solo argiloso do cerrado, destacaram que a RB966928, juntamente com a CTC9, CTC11, CTC15, IAC87-3396, RB867515 e a SP86-0042, obtiveram as maiores alturas de colmos, nos cinco tempos de avaliação. Ressaltaram que o crescimento contínuo e uniforme pode contribuir para o aumento da eficiência fotossintética das plantas e para o manejo de plantas daninhas, sobretudo devido ao fechamento rápido das entrelinhas e à cobertura homogênea do solo, bem como o fato de a variação da altura de plantas, ou o incremento

no comprimento de colmos, ser um potencial indicativo de variedades responsivas mesmo em condições de baixa disponibilidade hídrica às plantas.

QUADRO 9. Estimadores da altura de colmos (m) de oito cultivares de cana-de-açúcar durante o ciclo de cultivo de cana-planta, sob plantio direto (PD) e preparo reduzido (PR). Dourados-MS, 2017

Cultivar	P	Modelo	R ²
RB965902	PD	$-0,00003121 x^2 + 0,02556 x - 2,317$	0,95
	PR	$-0,00004190 x^2 + 0,03092 x - 2,736$	0,95
RB985476	PD	$-0,00003312 x^2 + 0,02721 x - 2,473$	0,95
	PR	$-0,00003786 x^2 + 0,02987 x - 2,707$	0,96
RB966928	PD	$-0,00003057 x^2 + 0,02623 x - 2,368$	0,97
	PR	$-0,00003992 x^2 + 0,03038 x - 2,683$	0,97
RB855156	PD	$-0,00002888 x^2 + 0,02418 x - 2,135$	0,97
	PR	$-0,00003998 x^2 + 0,02886 x - 2,511$	0,96
RB975201	PD	$-0,00002615 x^2 + 0,02355 x - 2,170$	0,96
	PR	$-0,00003653 x^2 + 0,02853 x - 2,575$	0,97
RB975242	PD	$-0,00003266 x^2 + 0,02644 x - 2,345$	0,95
	PR	$-0,00003583 x^2 + 0,02790 x - 2,496$	0,97
RB036066	PD	$-0,00003447 x^2 + 0,02703 x - 2,424$	0,96
	PR	$-0,00003943 x^2 + 0,02998 x - 2,664$	0,96
RB855536	PD	$-0,00002550 x^2 + 0,02314 x - 2,148$	0,96
	PR	$-0,00003312 x^2 + 0,02671 x - 2,426$	0,96

* e **: significativo ($p \leq 0,05$) e ($p \leq 0,01$), respectivamente. P: Preparo do solo.

Os resultados encontrados para taxa de crescimento do colmo neste trabalho mostram comportamento semelhante aos observado por Oliveira et al. (2010) e Abreu et al. (2013), que caracterizaram três fases de desenvolvimento da cultura: a primeira de crescimento lento; a segunda de crescimento acelerado e a terceira de decréscimo da taxa de crescimento e maturação. Vale ressaltar que o conhecimento dos padrões de crescimento durante o ciclo de produção das variedades é importante no planejamento da produção para se ajustar os períodos de máximo crescimento aos de maior disponibilidade hídrica, visando ao aumento da produção da cana-de-açúcar (ABREU et al., 2013).

Para o diâmetro de colmos, observou-se maior crescimento durante o desenvolvimento inicial da cultura, entre 150 e 215 DAP, para todas as cultivares em ambos os preparos do solo. Além disso, houve máximo diâmetro de colmos aproximadamente aos 300 DAP, com ligeiro decréscimo até a colheita (395 DAP), para todas as cultivares, tanto em plantio direto quanto em preparo reduzido. Ressalta-se, ainda, que a partir de 300 DAP o aumento do sombreamento e a conseqüente redução da luminosidade diminuiu o diâmetro de colmos, o que também foi verificado por Tavares et

al. (2010) ao estudarem o crescimento de cana-planta em diferentes sistemas de preparo do solo.

QUADRO 10. Estimadores do diâmetro de colmos (mm) de oito cultivares de cana-de-açúcar durante o ciclo de cultivo de cana-planta, sob plantio direto (PD) e preparo reduzido (PR). Dourados-MS, 2017

Cultivar	P	Modelo	R ²
RB965902	PD	$-0,3828^{**}x + 13,2800^{**}x^{1/2} - 80,213$	0,80
	PR	$-0,3132^{**}x + 10,8394^{**}x^{1/2} - 62,721$	0,76
RB985476	PD	$-0,4420^{**}x + 15,0841^{**}x^{1/2} - 93,377$	0,78
	PR	$-0,5859^{**}x + 19,8419^{**}x^{1/2} - 127,223$	0,88
RB966928	PD	$-0,4153^{**}x + 14,2604^{**}x^{1/2} - 87,248$	0,75
	PR	$-0,5131^{**}x + 17,3490^{**}x^{1/2} - 110,348$	0,83
RB855156	PD	$-0,4014^{**}x + 13,9316^{**}x^{1/2} - 85,733$	0,73
	PR	$-0,4944^{**}x + 16,8226^{**}x^{1/2} - 106,61$	0,88
RB975201	PD	$-0,4865^{**}x + 16,4897^{**}x^{1/2} - 102,184$	0,86
	PR	$-0,0006222^{**}x^2 + 0,3712^{**}x - 16,94$	0,85
RB975242	PD	$-0,4456^{**}x + 15,0094^{**}x^{1/2} - 89,372$	0,64
	PR	$-0,6071^{**}x + 20,0266^{**}x^{1/2} - 126,826$	0,85
RB036066	PD	$-0,4110^{**}x + 14,2100^{**}x^{1/2} - 88,430$	0,77
	PR	$-0,49051^{**}x + 16,6834^{**}x^{1/2} - 105,89$	0,84
RB855536	PD	$-0,43278^{**}x + 14,8611^{**}x^{1/2} - 93,565$	0,84
	PR	$-0,44323^{**}x + 15,3181^{**}x^{1/2} - 98,435$	0,96

* ** : significativo ($p \leq 0,05$) e ($p \leq 0,01$), respectivamente. RQ: Raiz quadrada. P: Preparo do solo.

Analisando os modelos de regressão lineares para número de perfilhos por metro (Quadro 11), observou-se maior crescimento entre 70 e 98 DAP e 126 e 215 DAP para todas as cultivares nos dois preparos do solo, em relação aos demais períodos avaliados. Isto pode ser explicado pelas condições ambientais favoráveis a partir dos 70 DAP, com o início das chuvas no mês de outubro que propiciou o suprimento hídrico, bem como às temperaturas médias elevadas (Figura 1).

QUADRO 11. Estimadores do número de perfilhos por metro (NP) de oito cultivares de cana-de-açúcar durante o ciclo de cultivo de cana-planta, sob plantio direto (PD) e preparo reduzido (PR). Dourados-MS, 2017

Cultivar	P	Modelo	R ²
RB965902	PD	$-0,1993^{**}x + 6,6806^{**}x^{1/2} - 37,298$	0,74
	PR	$-0,2065^{**}x + 6,5303^{**}x^{1/2} - 30,883$	0,61
RB985476	PD	$-0,2393^{**}x + 7,7037^{**}x^{1/2} - 41,861$	0,81
	PR	$-0,1864^{**}x + 5,9975^{**}x^{1/2} - 31,606$	0,70
RB966928	PD	$-0,1824^{**}x + 5,9038^{**}x^{1/2} - 29,287$	0,46
	PR	$10^{-5}x^3 - 0,0007^{**}x^2 + 1,4003^{**}x - 59,805$	0,84
RB855156	PD	$-0,09398x + 3,7875^{**}x^{1/2} - 19,016$	0,66
	PR	$-0,2128^{**}x - 6,7072^{**}x^{1/2} - 34,644$	0,64
RB975201	PD	$-0,08894^{**}x + 3,4675^{**}x^{1/2} - 21,0069$	0,85
	PR	$-0,1766^{**}x + 5,787^{**}x^{1/2} - 32,361$	0,75
RB975242	PD	$-0,1378^{**}x + 4,8155^{**}x^{1/2} - 26,064$	0,72
	PR	$-0,1756^{**}x + 5,6634^{**}x^{1/2} - 31,191$	0,68
RB036066	PD	$-0,1537^{**}x + 4,7806^{**}x^{1/2} - 22,778$	0,48
	PR	$-0,1722^{**}x + 5,3388^{**}x^{1/2} - 24,684$	0,38
RB855536	PD	$-0,2906^{**}x + 9,00744^{**}x^{1/2} - 48,898$	0,61
	PR	$-0,3167^{**}x + 9,3803^{**}x^{1/2} - 48,464$	0,64

* ** : significativo ($p \leq 0,05$) e ($p \leq 0,01$), respectivamente. RQ: Raiz quadrada. P: Preparo do solo.

Observou-se, em geral, máximo perfilhamento aos 300 DAP em todas as cultivares, com redução até os 395 DAP; exceto na RB966928, em preparo reduzido, e RB855156 e RB975201, em plantio direto, que apresentaram aumento do número de perfilhos por metro ao final do ciclo da cana-planta. Observaram-se, neste período, reduções médias do número de perfilhos por metro de (32 e 23%) na cultivar RB855536, em plantio direto e preparo reduzido, respectivamente, e de 17% na RB036066, em ambos os preparos.

Costa et al. (2011) comentam que essa redução no perfilhamento tem sido atribuída ao aumento da competição intra-específica pelos fatores de crescimento como água, luz, nutriente e espaço, levando à morte aqueles perfilhos mais jovens, fracos e mal posicionados.

Além disso, observou-se para todas as cultivares maior perfilhamento inicial em sistema de preparo reduzido em relação ao plantio direto, exceto na RB985476 e RB975242 que apresentaram maior perfilhamento neste preparo durante todo o ciclo da cana-planta. Esses resultados estão de acordo com Tavares et al. (2010) ao avaliarem o perfilhamento em cana-planta e soca sob solo mobilizado e plantio direto. Observaram que a mobilização favoreceu o aumento da macroporosidade em superfície e reduziu a densidade do solo, o que oferece menor resistência para o estande da cultura.

CONCLUSÕES

As maiores taxas de crescimento da altura e diâmetro de colmos foram observadas no período entre 150 e 215 dias após o plantio (DAP) para todas as cultivares em ambos os sistemas de preparo do solo.

Houve maior crescimento do número de perfilhos por metro dos 70 aos 215 DAP, em ambos os preparos do solo para todas as cultivares, as quais apresentaram máximo diâmetro de colmos e perfilhamento próximos aos 300 DAP.

As variáveis, altura de colmos, na cultivar RB855156, e o diâmetro de colmos, nas cultivares RB965902 e RB985476, foram afetadas pelo preparo do solo, enquanto não se observou influência deste fator sobre as demais cultivares.

O preparo do solo afeta NP, TCH e TPH, cujos valores foram maiores em plantio direto em comparação ao preparo reduzido.

Sob as condições ambientais que foram submetidas durante o ciclo de cana-planta, as cultivares de maturação precoce (RB965902, RB966928 e RB855156) e a cultivar de ciclo médio (RB985476) têm produtividade e atributos tecnológicos superiores às demais; enquanto para a RB036066 estes são menores em ambos os preparos do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M.L.; SILVA, M.A.; TEODORO, I.; HOLANDA, L.A.; SAMPAIO NETO, G. D. Crescimento e produtividade de cana-de-açúcar em função da disponibilidade hídrica dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. **Bragantia**, Campinas, v.72, n.3, p.262-270, 2013.

ALMEIDA, A.C.S.; SOUZA, J.L.; TEODORO, I.; BARBOSA, G.V.S.; MOURA FILHO, G.; FERREIRA JÚNIOR, R.A. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, p.1441-1448, 2008.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

BENETT, C.G.S.; BUZETTI, S.; SILVA, K.S.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; GARCIA, C.M.P.; MAESTRELO, P.R. Produtividade e desenvolvimento da cana planta e soca em função de doses e fontes de manganês. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.35, n.5, p.1661-1668, 2011.

CAMILOTTI, F.; ANDRIOLI, I.; DIAS, F.L.F.; CASAGRANDE, A.A.; SILVA, A.R.; MUTTON, M.; CENTURION, J. F. Efeito prolongado de sistemas de preparo do solo com

e sem cultivo de soqueira de cana crua em algumas propriedades físicas do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.189-98, 2005.

CAMPOS, P.F.; ALVES JÚNIOR, J.; CASAROLI, D.; FONTOURA, P.R.; EVANGELISTA, A.W.P. Variedades de cana-de-açúcar submetidas à irrigação suplementar no cerrado goiano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, n.6, p.1139-1149, 2014.

CARVALHO, L.A.; SILVA JUNIOR, A.A.; NUNES, W.A.G.A.; MEURER, I.; SOUZA JÚNIOR, W.S. Produtividade e viabilidade econômica da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo no Centro-oeste do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.34, n.1, p.200-211, 2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar**. Safra 2015/2016, Terceiro levantamento, v. 2, 70 p, dezembro/2015. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_12_27_16_30_01_boletim_cana_portugues_-3o_lev_-_16-17.pdf. Acesso em: 20 de setembro de 2017.

COSTA, C.T.S.; FERREIRA, V.M.; ENDRES, L.; FERREIRA, D.T.R.; GONÇALVES, E.R. Crescimento e produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar no quarto ciclo de cultivo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, n.3, p.56-63, 2011.

CURY, T.N.; MARIA, I.C.; BOLONHEZI, D. Biomassa radicular da cultura de cana-de-açúcar em sistema convencional e plantio direto com e sem calcário. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.38, n.6, p.1929-1938, 2014.

EUCLYDES, R.F. **SAEG - Sistema para análises estatísticas, versão 9.1**. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes/UFV, 2007. 287p.

FERNANDES, A.C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. 2.ed. Piracicaba: STAB, 2003. 240p.

FERNANDES JÚNIOR, A.R.; ANDRADE, J.A.C.; SANTOS, P.C.; HOFFMANN, H.P.; CHAPOLA, R.G.; CARNEIRO, M. S.; CURSI, D. E. Adaptabilidade e estabilidade de clones de cana- de- açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.72, n.3, p.208-216, 2013.

KAMIMURA, K.M.; ALVES, M.C.; ARF, O.; BINOTTI, F.F.S. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho sob cultivo de arroz de terras altas em diferentes manejos do solo e água. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.3, p.723-731, 2009.

MASCHIO, R. **Produtividade da água em biomassa e energia para 24 variedades de cana-de-açúcar**. 2011. 87f. Tese (Mestrado em Ciências: Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade do Estado de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MORAIS, K.P.; MEDEIROS, S.L.P.; SILVA, S.D.A.; BIONDO, J.C.; BOELTER, J.H.; DIAS, F.S. Produtividade de colmos em clones de cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, Viçosa, v.64, n.3, p.291-297, 2017.

OLIVEIRA, E.C.A.; OLIVEIRA, R.I.; ANDRADE, B.M.T.; FREIRE, F.J.; LIRA JÚNIOR, M.A.; MACHADO, P.R. Crescimento e acúmulo de matéria seca em variedades

de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.9, p.951-960, 2010.

OLIVEIRA, R.A.; DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; KOEHLER, H.S.; SILVA, D.K.T. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no estado do Paraná. **Scientia Agrária**, Curitiba, v.5, n.1-2, p.87-94, 2004.

PEREIRA, A.H.F. **Atributos físicos do solo sob tipos de transbordo em colheita mecanizada de cana crua**. 2014. 54f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2014.

RIDESA (REDE INTERUNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO). **Liberação nacional de novas variedades "RB" de cana-de-açúcar**. Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro. Curitiba, Paraná, 2010. 64f. Disponível em: <<http://pmgca.dbv.cca.ufscar.br/html/downloads.php>>. Acesso em: 05 julho de 2017.

RIDESA (REDE INTERUNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO). **Liberação nacional de variedades RB de cana-de-açúcar**. Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro. Curitiba, Paraná, 2015. 72f. Disponível em: <<http://pmgca.dbv.cca.ufscar.br/html/downloads.php>>. Acesso em: 13 julho de 2017.

SÁ, M.A.C.; SANTOS JUNIOR, J.D.G.; FRANZ, C.A.B.; REIN, T.A. Qualidade física do solo e produtividade da cana-de-açúcar com uso da escarificação entre linhas de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1610-1622, 2016.

SILVA JUNIOR, C.A.; CARVALHO, L.A.; CENTURION, J.F.; OLIVEIRA, E.C.A. Comportamento da cana-de-açúcar em duas safras e atributos físicos do solo, sob diferentes tipos de preparo. **Bioscience. Journal**, Uberlândia, v.29, n.1, p.1489-1500, 2013.

SILVA, F.C.; MUTTON, M.J.R.; CESAR, M.A. A.; MACHADO JUNIOR., G.R.; MUTTON, M.A.; STUPIELLO, J.P. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima. p. 288-359. In: SILVA, F.C.; ALVES, B.J.R.; FREITAS, P.L. **Sistemas de produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada produção de energia e alimentos**. 1º Ed. Brasília: Embrapa, 2015. 586 p.

SILVA, M.A.; ARANTES, M.T.; RHEIN, A.F.L.; GAVA, G.J.C.; KOLLN, O.T. Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.3, p.241-249, 2014.

SILVA, M.A.; JERÔNIMO, E. M.; LÚCIO, A.D. Perfilamento e produtividade de cana-de-açúcar com diferentes alturas de corte e épocas de colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.8, p.979-986, 2008.

SIMÕES, W.L.; CALGARO, M.; COELHO, D.S.; SOUZA, M.A.; LIMA, J.A. Respostas de variáveis fisiológicas e tecnológicas da cana-de-açúcar a diferentes sistemas de irrigação. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.46, n.1, p.11-20, 2015.

SOUZA, P.H.N.; BASTOS, G.Q.; ANUNCIÇÃO FILHO, G.J.; DUARTE FILHO, J.A.; MACHADO, P.R. Avaliação de genótipos de cana-de-açúcar para início de safra na Microrregião Centro de Pernambuco. **Revista Ceres**, Viçosa, v.59, n.5, p.677-683, 2012.

TAVARES, O.C.H.; LIMA, E.; ZONTA, E. Crescimento e produtividade da cana planta cultivada em diferentes sistemas de preparo do solo e de colheita. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.32, n.1, p.61-68, 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistema de análise estatística e genética – SAEG versão 9.1**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Central de Processamento de Dados, 2007. p.68.

VALADÃO, F.C.A.; WEBER, O.L.; VALADÃO JÚNIOR, D.D.; SCARPINELLI, A.; DEINA, F.R.; BIANCHINI, A. Adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.39, n.1, p.243-255, 2015.

VERÍSSIMO, M.A.A.; SILVA, S.D.A.; AIRES, R.F.; DAROS, E.; PANZIERA, W. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos precoces de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.4, p.561-568, 2012.

9. ANÁLISE MULTIVARIADA DA PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR EM DOIS PREPAROS DO SOLO

RESUMO

O conhecimento do desempenho de diferentes cultivares de cana-de-açúcar nas distintas condições edafoclimáticas e de manejo do solo serve de subsídio para o correto manejo varietal nas unidades de produção. Objetivou-se caracterizar o desempenho de oito cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, cultivadas em um Latossolo Vermelho Distroférico sob plantio direto e preparo reduzido, utilizando-se como ferramenta técnicas estatísticas de análise multivariada. O trabalho foi conduzido na FAECA-UFGD onde a área experimental foi dividida em duas subáreas, compostas pelo plantio direto e preparo reduzido. Em cada preparo foram cultivadas oito cultivares de cana-de-açúcar em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Foram avaliados comprimento de colmos, diâmetro de colmos, número de perfilhos por metro, produtividade de colmos, teor de sólidos solúveis, açúcares totais recuperáveis e teor de sacarose. Inicialmente, realizaram-se estatística descritiva e de correlação, e o teste de normalidade, que serviram como pressupostos para as análises de agrupamento hierárquico e fatorial. A técnica estatística de análise fatorial aplicada para os componentes de produção de cana-de-açúcar identificou três fatores retidos referentes à produção de sacarose, produtividade e crescimento de colmos, respectivamente. A técnica estatística de agrupamento hierárquica permitiu a formação de grupos de cultivares em função do preparo do solo, evidenciando em plantio direto àquelas com desempenho superior, exceto as RB985476 e RB965902. A formação dos grupos de cultivares em função do desempenho foi condicionada predominantemente pelo preparo do solo.

Palavras-chave: *Saccharum spp.*, cana-planta, sistemas de manejo, plantio direto.

MULTIVARIATE ANALYSIS OF PRODUCTION OF SUGARCANE CULTIVARS UNDER TWO SOIL TILLAGE

ABSTRACT

The knowledge of the performance of different sugarcane cultivars under different soil and climatic conditions and soil management serves as a subsidy for the correct varietal management in the production units. The objective of this study was to characterize the performance of eight sugarcane cultivars in cane-plant cultivated in a Oxisol under no-tillage and reduced tillage using multivariate statistical techniques. The work was conducted at FAECA-UFGD where the exercise area was divided into two subareas, composed by no-tillage and reduced tillage. Eight sugarcane cultivars were grown in each preparation in a completely randomized design with four replications. Harvest length, stem diameter, number of tillers per meter, shoot yield, soluble solids content, total recoverable sugars and sucrose content were evaluated. Initially, we performed descriptive and correlation statistics, and the normality test, which served as assumptions for the analyzes of hierarchical and factorial grouping. The statistical technique of factorial analysis applied to the components of sugarcane production identified three retained factors related to sucrose production, yield and stem growth, respectively. The statistical technique of hierarchical grouping allowed the formation of groups of cultivars as a function of soil preparation, evidencing in no-tillage those with superior performance, except for RB985476 and RB965902. The formation of the groups of cultivars according to the performance was conditioned predominantly by the preparation of the soil.

Keywords: *Saccharum* spp., cane-plant, management systems, no tillage.

INTRODUÇÃO

Um dos fatores importantes para o crescimento em área e produção de cana-de-açúcar tem sido o desenvolvimento de novas variedades pelos programas de melhoramento genético, que permitiu o contínuo manejo varietal em função dos fatores ambientais,

genéticos e a interação entre eles (VERÍSSIMO et al., 2012; ABREU et al., 2013), visando à expressão máxima do potencial genético da cultura (ALMEIDA et al., 2008).

Nessa atividade, ao se substituir uma variedade por outra mais adaptada, produtiva e com melhores características tecnológicas, podem-se gerar ganhos altamente significativos; o que é atrativo tendo em vista o fato de que o pagamento da cana é com base no peso e no teor de sacarose e pureza dos colmos (SILVA et al., 2015).

Também o planejamento adequado das operações envolvidas ao longo do ciclo da cultura da cana-de-açúcar, desde o preparo do solo até a colheita, é fundamental para atender à demanda de matéria-prima da indústria, tanto em quantidade como em qualidade. Entre elas, o preparo do solo tem papel relevante, pois, além de representar elevado custo de implantação, é realizado apenas no momento do plantio ou na renovação do canavial, ou seja, após, no mínimo, 5 ou 6 ciclos da cultura, sendo, portanto, fundamental na longevidade do canavial (CARVALHO et al., 2011).

O preparo do solo se for realizado para plantio da cana-de-açúcar consiste, em geral, de uma sequência de distintas combinações de implementos agrícolas, como aração e gradagens sucessivas, que alteram a estrutura do solo e afetam o desenvolvimento da cultura (CAMIOTTI et al., 2005; TAVARES et al., 2010; CARVALHO et al., 2011). Nesse contexto, têm-se que se conhecer as características físicas do solo para a realização do preparo, o qual deve se adequar aos diferentes ambientes edafoclimáticos nas unidades de produção. Além do preparo convencional, sistemas de preparo conservacionistas, como o preparo reduzido ou cultivo mínimo, têm sido apontados como uma opção sustentável, por reduzirem o revolvimento do solo, preservarem a estrutura do solo, e diminuírem o custo de produção da cana-de-açúcar (CARVALHO et al., 2011).

Apesar dos benefícios amplamente conhecidos da adoção de sistemas de preparo do solo conservacionistas em culturas anuais, como soja e milho, para a cultura da cana-de-açúcar há poucas informações a respeito das interações entre tais manejos e o desempenho de diferentes cultivares. Sendo assim, pesquisas com esta temática são importantes considerando-se o grande número de variedades recomendadas pelos programas de melhoramento genético e a elevada variabilidade de classes de solo em seus diversos manejos associados ao clima regional (PRADO et al., 2010).

Conforme Dutra Filho et al. (2011a), Dutra Filho et al. (2011b) e Silva et al. (2011) a seleção de cultivares adaptadas e produtivas com base em componentes de produção pode ser realizada utilizando-se técnicas estatísticas de análise multivariada, com

as quais é possível a identificação de cultivares mais produtivas e de maior divergência genética.

Diante do exposto, objetivou-se caracterizar o desempenho de oito cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, cultivadas em um Latossolo Vermelho Distroférico sob plantio direto e preparo reduzido, utilizando-se como ferramenta técnicas estatísticas de análise multivariada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de julho de 2016 a agosto de 2017 na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias pertencente à Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS (22°13'58"S; 54°59'57"W"; altitude 418 m). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, de textura muito argilosa.

Para a caracterização química do solo foram realizadas coletas em toda a área experimental, na camada de 0 a 30 cm, cujos resultados encontrados foram: pH (H₂O) de 4,5; 3,1 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 1,3 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 0,4 cmol_c.dm⁻³ de Al³⁺; 4,9 cmol_c.dm⁻³ de H+Al³⁺; 6,5 mg dm⁻³ de P; 0,1 cmol_c.dm⁻³ de K⁺ e 30 g kg⁻¹ de MO.

O clima é do tipo Am, monçônico, com inverno seco, e precipitação média anual de 1500 mm, e temperatura média de 22°C (ALVARES et al., 2013). Em ciclo de cana-planta, foi registrada precipitação pluviométrica média acumulada de 1400 mm e temperatura média de 23°C (Figura 1).

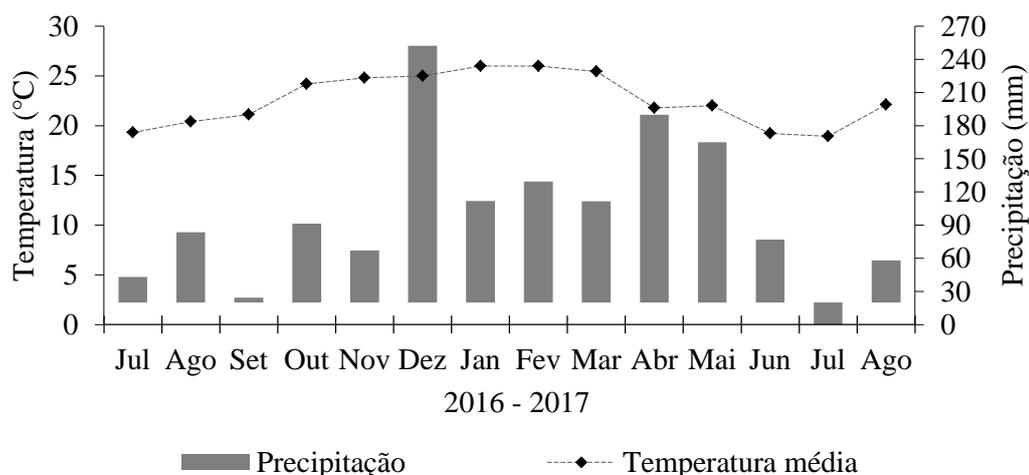


FIGURA 1. Dados meteorológicos mensais em cultivo de cana-de-açúcar, em cana-planta, na área experimental.

A área destinada ao experimento, que estava em pousio há cerca de dois anos, após décadas sob cultivo de soja e milho, em um sistema de sucessão sem revolvimento do solo, foi dividida em duas subáreas, compostas pelo plantio direto e preparo reduzido. Em cada preparo foi feito o plantio manual das oito cultivares de cana-de-açúcar (RB965902, RB985476, RB966928, RB855156, RB975201, RB975242, RB036066 e RB855536), no dia 21 de julho de 2016, considerando a densidade de 15 gemas por metro, em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Cada unidade experimental continha 5 linhas de cana com 5 metros de comprimento, espaçadas de 1,50 m (37,5 m²), num total de 32 unidades experimentais por preparo. A adubação para plantio foi uniforme para toda a área experimental, com aplicação de 0,3 Mg ha⁻¹ da formulação 10-25-26 de NPK no sulco de plantio.

O preparo reduzido do solo (PR) consistiu de gradagem pesada, enquanto que o plantio direto (PD) consistiu de trituração das plantas daninhas, e posteriormente, abertura de sulcos para plantio sem o prévio revolvimento do solo. No preparo das parcelas, foram utilizados: triturador de palhas equipado com rotor de facas curvas de aço que trabalham em alta rotação, sulcador; e grade aradora, tipo off-set, de arrasto, com 16 discos de 0,76 m de diâmetro (30”) em cada seção, na profundidade de 0,15 m.

Durante o período das avaliações, foi realizado o controle das plantas daninhas com capina manual nas unidades experimentais.

A colheita manual foi realizada em agosto de 2017, aos 395 dias após o plantio (DAP). As mensurações de comprimento e diâmetro de colmos foram realizadas em 10 perfilhos nas três linhas centrais de cada unidade experimental, descartando-se 1,0 m das extremidades de cada linha como bordadura. O comprimento de colmos foi mensurado utilizando-se uma fita graduada, com resolução de 01 mm, para medir a distância da base do colmo até o colarinho (dewlap) da folha +1 (ABREU et al., 2013). O diâmetro de colmos foi mensurado com o auxílio de um paquímetro, com a medição realizada na base dos colmos, a 5 cm do solo.

O número de perfilhos por metro (NP) foi determinado de maneira direta, contando-se os perfilhos das cinco linhas da unidade experimental (ABREU et al., 2013), considerando-se 1 m das extremidades de cada linha como bordadura.

A avaliação da produtividade de colmos (TCH) foi determinada no momento do corte (395 DAP), por meio da contagem dos números de perfilhos e coleta de 10 colmos industrializáveis na unidade experimental; calculando-se a massa do feixe; o qual em seguida foi encaminhado ao Laboratório de Análise Química de uma Usina para

determinação das seguintes variáveis: teor de sólidos solúveis (Brix, %), açúcares totais recuperáveis (ATR), teor de sacarose (Pol, %) (FERNANDES, 2003; SOUZA et al., 2012). A produtividade de Pol (TPH) foi obtida utilizando-se a Equação 1, conforme Souza et al. (2012); Silva et al. (2014) e Campos et al. (2014).

$$TPH = \frac{TCH.POL}{100} \quad (1)$$

em que,

TPH - produtividade de POL, Mg de POL por hectare;

TCH - produtividade de cana, Mg de cana por hectare;

POL - teor de sacarose da cana, %.

Após verificar a normalidade, por meio do teste de Ryan-Joiner, a 1% de probabilidade, a linearidade dos dados, a identificação de outliers e a observação de valores significativos na matriz de correlação, os dados foram submetidos a análises por técnicas de estatística multivariada, utilizando-se as análises fatorial e de agrupamento por método hierárquico de Ward.

Posteriormente a obtenção do valor médio e desvio padrão dos componentes de produção, estes foram analisados por meio da análise de fatores, empregando-se os métodos Varimax de rotação e ortogonalização dos fatores, adotando-se como critério de seleção as cargas fatoriais e a variação total – comunalidade (FREITAS et al., 2006). Consideraram-se cargas significativas aquelas com valor maior ou igual a 0,70.

Com o uso dos componentes de produção significativos a partir da análise fatorial, aplicou-se a análise de agrupamento utilizando o método de Ward com a medida de similaridade dada pela distância euclidiana, com o objetivo de agrupá-los, definindo a distância de corte igual a 50% da distância euclidiana máxima. Nesta análise, as cultivares em seus respectivos preparos do solo foram agrupadas com base no seu grau de semelhança, classificando-as em grupos homogêneos (OLIVEIRA et al., 2015).

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos *softwares* Minitab versão 14.0 e Statistica versão 5.0, para a obtenção dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1 é apresentado o valor médio e desvio padrão para comprimento de colmos, diâmetro de colmos e número de perfilhos por metro (NP) para oito cultivares de cana-de-açúcar em preparo reduzido (PR) e plantio direto (PD).

A cultivar RB985476 se destacou como a de maior comprimento de colmos com 3,16 m em PR, enquanto que em PD foi a cultivar RB966928 com 3,21 m. Observou-se para o conjunto de cultivares valor médio de comprimento de colmos superior em PD (2,99 m) em relação ao PR (2,96 m).

Para diâmetro de colmos, a cultivar RB985476 também obteve maior valor (35,64 mm), 10,78% superior à média desta área (32,17 mm). Enquanto, em PD verificou-se maior diâmetro na cultivar RB975201 (33,51 mm), que foi 3,11% maior que a média obtida nesta área (32,50 mm).

QUADRO 1. Valores médios e desvios padrões de comprimento de colmos (m), diâmetro de colmos (mm), número de perfilhos por metro (NP, perfilhos m⁻¹) das de oito cultivares (C) de cana-de-açúcar cultivadas em preparo reduzido do solo (PR) e plantio direto (PD). Dourados - MS, 2017

Cultivar	Preparo reduzido (PR)					
	Comprimento ^N		Diâmetro ^N		NP ^N	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
RB965902	2,92	0,16	29,30	1,25	18,02	0,87
RB985476	3,16	0,06	35,64	1,26	14,38	1,14
RB966928	3,07	0,16	32,15	2,47	15,80	1,26
RB855156	2,64	0,20	32,66	1,57	15,27	2,15
RB975201	2,98	0,09	32,81	1,45	13,12	0,92
RB975242	2,92	0,12	31,57	2,00	12,18	0,67
RB036066	3,01	0,09	32,34	0,36	14,12	2,66
RB855536	2,94	0,08	30,91	0,36	13,55	2,51
Média	2,96	0,12	32,17	1,34	14,56	1,52
	Plantio direto (PD)					
	Comprimento ^N		Diâmetro ^N		NP ^N	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
RB965902	2,89	0,13	32,57	3,37	17,00	3,52
RB985476	3,08	0,06	32,08	2,00	16,98	1,58
RB966928	3,21	0,10	32,36	2,02	16,85	1,87
RB855156	2,89	0,16	33,06	0,82	19,82	2,66
RB975201	3,03	0,14	33,51	0,82	12,85	2,62
RB975242	2,98	0,12	33,34	0,40	15,50	2,46
RB036066	2,85	0,04	32,04	1,00	12,02	2,14
RB855536	2,99	0,06	31,04	1,33	15,85	4,37
Média	2,99	0,10	32,50	1,47	15,86	2,65

DP: desvio padrão. ^N: distribuição normal pelo teste de Ryan-Joiner (similar a Shapiro-Wilk).

O diâmetro de colmos é uma das características morfológicas que apresenta menor variação, pois essa variável depende das características genéticas da planta, do

número de perfilhos, do espaçamento utilizado, da altura da planta, da área foliar e das condições climáticas (COSTA et al., 2011).

As cultivares RB965902, RB985476, RB966928 e RB855156 apresentaram os maiores valores de NP, destacando-se a RB965902 em PR (18,02) e a RB855156 (19,82) em PD, sendo neste preparo obtido o maior valor médio para o conjunto de cultivares (15,86), em relação ao PR (14,56). Ademais, foram obtidos os menores valores de NP na cultivar RB975242, em PR, e na RB036066, em PD.

Observou-se maior valor de TCH, Pol, TPH, Brix e ATR para as cultivares RB965902, RB985476, RB966928 e RB855156 e menores para a cultivar RB036066 em ambos os preparos do solo (Quadro 2). A média dos componentes de produção para o conjunto formado pelas 8 cultivares foi maior em PD do que em PR. Ressalta-se que a cultivar RB855156 obteve ganho de 50 Mg ha⁻¹ em TCH em PD quando comparado ao valor obtido em PR. Para os demais componentes, contudo, houve menor variação entre os preparos ao comparar a cultivar (Quadro 2).

Ressalta-se que a divergência genética entre as cultivares, com diferentes ciclos de maturação, possivelmente influenciou esse resultado. Tal evidência foi observada por Silva et al. (2014) ao avaliarem a produção de diferentes variedades irrigadas plenamente por gotejamento durante dois ciclos e além de identificarem diferenças nas respostas de TPH devido à distinção genética, destacaram que a cultivar RB855536 como menos produtiva em relação às cultivares SP85-1115, IACSP96-3060, RB867515 e IAC91-1099 em cana-planta. Do mesmo modo, Albuquerque et al. (2016) verificaram diferenças entre os genótipos para os caracteres TCH e TPH, atribuindo esse resultado à variabilidade genética e não ao ambiente de produção.

Os valores médios pra TCH e TPH em ambos os preparos do solo foram superiores aos verificados por Silva Junior et al. (2013) estudando o desempenho agrônômico da cultivar SP81-3250 em Latossolo Vermelho distrófico argiloso, sob diferentes preparos convencional e cultivo mínimo, na região de Rio Brilhante, no estado do Mato Grosso do Sul. Verificaram menores valores de TCH (145,05 Mg ha⁻¹) e TPH (17,41 Mg ha⁻¹) em plantio direto, quando comparados aos outros sistemas de preparo do solo, sobretudo em cana-planta.

A cultivar RB036066 obteve valores inferiores para as variáveis Pol, ATR e Brix, em relação às demais cultivares, tanto em PR quanto em PD. Em PR, as cultivares RB965902, RB985476, RB966928, RB855156, RB975201 e RB975242 apresentaram

valores semelhantes de Pol, ATR e Brix; enquanto em PD foram as cultivares RB965902, RB985476, RB966928 e RB855156 (Quadro 2).

Vale salientar que tais atributos são influenciados pela cultivar, pelo ambiente de produção e, sobretudo pela disponibilidade de água visto que o teor de açúcar costuma ser adversamente afetado pelo excesso de umidade no estágio de maturação (SILVA et al. 2014).

Veríssimo et al. (2012) ao avaliarem quinze variedades de maturação precoce nas safras 2009/2010 e 2010/2011, verificaram para a RB966928 elevada riqueza e produtividade de Brix, estabilidade moderada e ampla adaptabilidade, enquanto a cultivar RB855156 padrão mostrou adaptação específica e estabilidade moderada.

QUADRO 2. Valores médios e desvios padrões de Produtividade final de colmos (TCH, Mg ha⁻¹), teor de sacarose (Pol, %), produtividade de Pol (TPH, Mg ha⁻¹), teor de sólidos solúveis (Brix, %) e açúcares totais recuperáveis (ATR, kg Mg⁻¹) de oito cultivares (C) de cana-de-açúcar (1 – RB965902, 2 – RB985476, 3 – RB966928, 4 – RB855156, 5 – RB975201, 6 – RB975242, 7 – RB036066 e 8 – RB855536), cultivadas em preparo reduzido do solo (PR) e plantio direto (PD). Dourados, MS, 2017

C	Preparo reduzido (PR)									
	TCH ^N		Pol ^N		TPH ^N		Brix ^N		ATR ^N	
	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP
1	166,68	27,47	14,97	0,44	24,90	3,77	16,58	0,47	148,42	4,20
2	170,39	29,65	15,09	0,72	25,60	3,86	16,60	0,79	149,35	6,97
3	158,50	24,80	15,22	0,45	24,15	3,99	16,77	0,12	151,14	3,65
4	149,28	20,41	15,70	1,04	23,43	3,58	17,04	0,53	155,00	9,11
5	134,74	18,27	14,15	0,47	19,09	3,00	15,85	0,19	140,80	3,85
6	127,21	16,32	14,52	0,70	18,51	2,84	16,16	0,35	144,17	6,04
7	146,87	31,02	12,07	1,09	17,94	4,89	13,66	0,72	121,00	9,42
8	120,47	32,04	13,46	1,17	16,40	5,18	15,05	1,02	134,12	10,76
M	146,77	25,00	14,40	0,76	21,25	3,89	15,96	0,52	143,00	6,75
C	Plantio direto (PD)									
	TCH ^N		Pol ^N		TPH ^N		Brix ^N		ATR ^N	
	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP
1	176,46	16,14	14,98	0,49	26,38	1,71	17,10	0,43	148,27	4,71
2	179,09	27,93	15,20	0,95	27,15	3,83	16,98	0,63	150,90	8,52
3	175,02	32,77	15,63	0,38	27,29	4,69	16,90	0,41	154,21	0,38
4	196,52	31,39	15,57	0,77	30,71	6,14	17,05	0,53	153,94	6,91
5	145,47	29,04	13,72	0,33	20,03	4,45	15,57	0,48	135,49	4,23
6	172,84	39,78	14,33	0,61	24,80	5,96	15,98	0,61	142,46	5,80
7	130,35	26,95	12,12	0,49	15,72	2,68	13,59	0,26	121,26	3,92
8	142,69	34,94	14,15	1,00	20,17	5,05	15,75	0,91	140,59	9,31
M	164,81	29,87	14,46	0,63	24,03	4,31	16,12	0,53	143,39	5,47

M: média; DP: desvio padrão. ^N: distribuição normal pelo teste de Ryan-Joiner (similar a Shapiro-Wilk).

Observou-se que, dentre todas as cultivares, apenas a RB036066 obteve valor de Pol inferior a 13%, valor que viabiliza o processamento industrial; porém, ao avaliar o Brix verifica-se para todas as cultivares valores inferiores a 18%, considerado adequado no decorrer da safra (SILVA et al., 2015).

No Quadro 3 estão descritas as correlações entre os atributos de produção utilizados na análise fatorial. Observou-se a existência de valores significativos na matriz de correlação, com correlação forte e positiva entre TCH, Pol, TPH com NP; TPH com TCH; Brix, ATR com Pol; ATR e Brix em PR, o que também se verificou em PD.

QUADRO 3. Valores de correlação entre comprimento de colmos (CC), diâmetro de colmos (DIA), número de perfilhos por metro (NP), produtividade de colmos (TCH), teor de sacarose (Pol), produtividade de Pol (TPH), teor de sólidos solúveis (Brix) e teor de sólidos solúveis (ATR). Dourados, MS, 2017

Preparo reduzido								
	CC	DIA	NP	TCH	Pol	TPH	Brix	ATR
CC	1,0							
DIA	0,27	1,0						
NP	-0,18	-0,048	1,0					
TCH	0,15	0,46**	0,73**	1,0				
Pol	-0,30	0,15	0,36*	0,34	1,0			
TPH	0,02	0,44*	0,73**	0,94**	0,63**	1,0		
Brix	-0,24	0,08	0,30	0,29	0,97**	0,58**	1,0	
ATR	-0,28	0,14	0,36*	0,33	0,99**	0,63**	0,98**	1,0
Plantio direto								
	CC	DIA	NP	TCH	Pol	TPH	Brix	ATR
CC	1,0							
DIA	0,13	1,0						
NP	0,14	-0,21	1,0					
TCH	0,25	0,17	0,84**	1,0				
Pol	0,33	0,01	0,59**	0,46**	1,0			
TPH	0,30	0,15	0,87**	0,96**	0,69**	1,0		
Brix	0,33	0,02	0,62**	0,53**	0,94**	0,72**	1,0	
ATR	0,32	0,00	0,60**	0,48**	0,99**	0,70**	0,93**	1,0

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Estes resultados corroboram com os obtidos por Dutra Filho et al. (2011b), que observaram correlações significativas para as variáveis TCH x TPH (0,98), TCH x ATR (0,99), TPH x ATR (0,99), Pol x ATR (0,98), Pol x BRIX (0,98) e ATR x BRIX (0,97), além de correlação forte e positiva entre número de colmos por metro com TCH e TPH.

Conforme Bressiani et al. (2002), os componentes envolvidos na produção de açúcar é a produtividade de cana por hectare (TCH) e o teor de sacarose (Pol) que

apresenta correlação positiva com o teor de sólidos solúveis (Brix). Citam, ainda, que a variável TCH pode ser subdividida em números de colmos por hectare e massa de colmos.

As primeiras colunas da matriz das cargas fatoriais rotacionadas dos componentes de produção para as oito cultivares analisadas referem-se às cargas fatoriais para cada atributo em cada fator (Quadro 4). A última coluna fornece o valor das comunalidades, indicando o quanto da variância de cada atributo é explicado pelos fatores juntos. Verificou-se que, tanto em preparo reduzido quanto em plantio direto, os componentes TCH, Pol, ATR, Brix e NP possuem forte relação com os fatores retidos, pois têm elevadas comunalidades. Os autovalores indicaram a importância relativa de cada fator na explicação da variância associada ao conjunto de atributos analisados, extraíndo os fatores na ordem de sua importância.

O fator 1, que explica a maior parcela de variância total dos dados, foi composto pelos componentes Pol, ATR e Brix variando juntas em ambos os preparos com 39,02 e 35,72% da variância total dos dados. De acordo com os dados obtidos do fator 1, há um forte indicativo de que os resultados referem-se a parâmetros envolvidos na produção de sacarose. O fator 2, que indicou ser referente a produtividade, está positivamente correlacionado com o TCH e o NP, com 20,12 e 24,82% da variância total dos dados (Quadro 4). Por sua vez o fator 3, que representa o crescimento, foi composto de maneira diferenciada entre os preparos, sendo no PR positivamente correlacionado com o Diâmetro e o Comprimento, e também com este último no PD; respectivamente, com 16,04 e 17,26% da variância total dos dados.

QUADRO 4. Matriz de cargas fatoriais após rotação ortogonal pelo método varimax para os dados dos componentes de produção: produtividade final de colmos (TCH), teor de sacarose (Pol), açúcares totais recuperáveis (ATR), teor de sólidos solúveis (Brix), número de perfilhos por metro (NP), comprimento de colmos, diâmetro de colmos das cultivares de cana-de-açúcar em preparo reduzido do solo e plantio direto. Dourados, MS, 2017

Preparo reduzido				
Variável	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Comunalidade
TCH	0,20	0,86	0,39	0,94
Pol	0,98	0,17	-0,033	0,99
ATR	0,98	0,17	-0,30	0,99
Brix	0,96	0,11	-0,028	0,94
NP	0,20	0,94	-0,19	0,96
Comprimento	0,31	-0,041	0,74	0,65
Diâmetro	0,19	0,10	0,83	0,75
Autovalores	3,51	1,81	1,44	6,76
% Variância	39,02	20,12	16,04	75,19
Plantio direto				
Variável	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Comunalidade
TCH	0,20	0,89	0,23	0,88
Pol	0,91	0,37	0,010	0,97
ATR	0,90	0,38	0,10	0,96
Brix	0,80	0,48	0,050	0,88
NP	0,30	0,90	-0,18	0,81
Comprimento	0,36	0,13	0,88	0,16
Diâmetro	0,091	-0,14	0,11	0,94
Autovalores	3,22	2,23	1,55	7,00
% Variância	35,72	24,82	17,26	77,81

O uso conjunto dos componentes de produção possibilitou a ordenação dos dados em dois grupos (Figura 2): o primeiro englobando a cultivar RB975201 e RB036066 em PR e PD, e RB966928, RB855156, RB975242 e RB855536 em PR e, o segundo englobando os dados das cultivares RB965902 e RB985476 em PR e PD e RB966928, RB855156, RB975242 e RB855536 em PD. Em geral, o segundo grupo foi composto por cultivares que tiveram desempenho superior em relação àquelas do primeiro, agrupando maior número de cultivares em plantio direto; possivelmente devido aos maiores valores de umidade do solo verificados até os 180 dias após o plantio neste sistema de preparo.

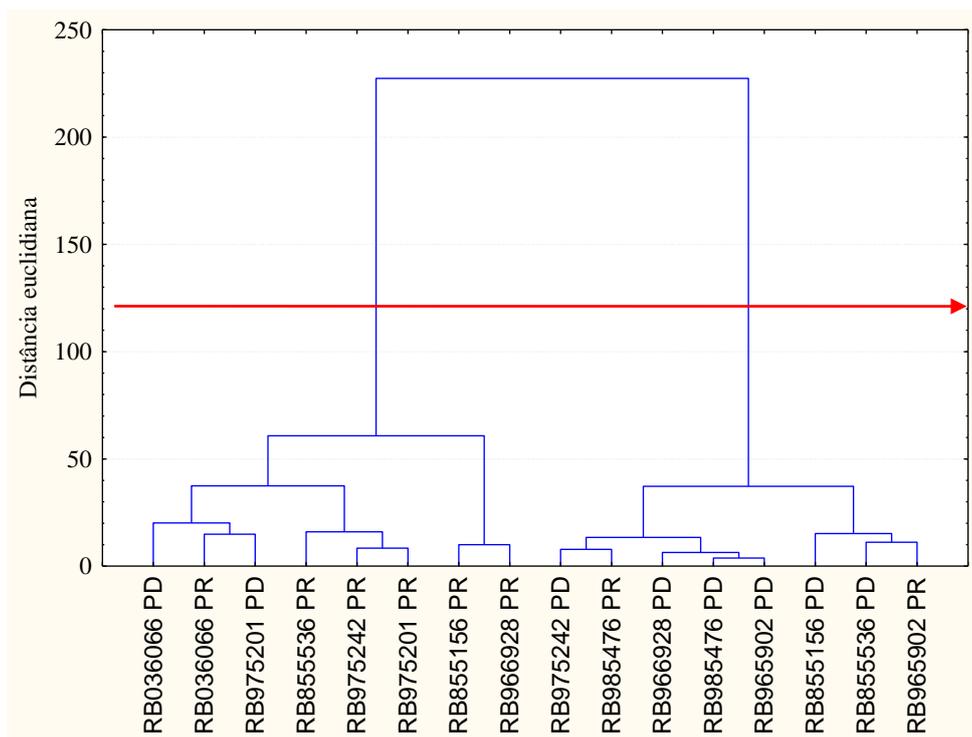


FIGURA 2. Dendrograma mostrando a hierarquia de grupos de oito cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, cultivadas em preparo reduzido do solo (PR) e plantio direto (PD). Dourados, MS, 2017.

Prado et al. (2010) enfatizam que o conhecimento do desempenho de diferentes cultivares de cana-de-açúcar em distintas classes e manejo do solo auxilia na escolha e alocação correta das cultivares nas unidades de produção. Portanto, sob as condições ambientais que foram submetidas durante o ciclo de cana-planta, com exceção das cultivares RB985476 e RB965902, as demais expressaram melhor o potencial produtivo quando cultivadas em plantio direto do que em preparo reduzido.

CONCLUSÕES

A técnica estatística de análise fatorial aplicada para os componentes de produção de cana-de-açúcar identificou três fatores retidos referentes à produção de sacarose, produtividade e crescimento de colmos, respectivamente.

A técnica estatística de agrupamento hierárquica permitiu a formação de grupos de cultivares em função do preparo do solo, evidenciando em plantio direto àquelas com desempenho superior, exceto as RB985476 e RB965902.

A formação dos grupos de cultivares em função do desempenho foi condicionada predominantemente pelo preparo do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M.L.; SILVA, M.A.; TEODORO, I.; HOLANDA, L.A.; SAMPAIO NETO, G.D. Crescimento e produtividade de cana-de-açúcar em função da disponibilidade hídrica dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. **Bragantia**, Campinas, v.72, n.3, p.262-270, 2013.

ALBUQUERQUE, A.P.C.; BASTOS, G.Q.; DUTRA FILHO, J.A.; SIMÕES NETO, D.E.; JOSÉ SILVA, L.; SOUTO, L.S. Comportamento de genótipos de maturação precoce de cana-de-açúcar na Zona da Mata de Pernambuco. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.7, n.3, p.311-318, 2016.

ALMEIDA, A.C.S.; SOUZA, J.L.; TEODORO, I.; BARBOSA, G.V.S.; MOURA FILHO, G.; FERREIRA JÚNIOR, R.A. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, p.1441-1448, 2008.

ALVARES, C.A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

BRESSIANI, J.A.; VENCOSKY, R.; BURNQUIST, W.L. Interação entre famílias de cana-de-açúcar e locais: efeito na resposta esperada com a seleção. **Bragantia**, Campinas, v.61, n.1, p.1-10, 2002.

CAMILOTTI, F.; ANDRIOLI, I.; DIAS, F.L.F.; CASAGRANDE, A.A.; SILVA, A.R.; MUTTON, M.; CENTURION, J. F. Efeito prolongado de sistemas de preparo do solo com e sem cultivo de soqueira de cana crua em algumas propriedades físicas do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.189-98, 2005.

CAMPOS, P.F.; ALVES JÚNIOR, J.; CASAROLI, D.; FONTOURA, P.R.; EVANGELISTA, A.W.P. Variedades de cana-de-açúcar submetidas à irrigação suplementar no cerrado goiano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, n.6, p.1139-1149, 2014.

CARVALHO, L.A.; SILVA JUNIOR, A.A.; NUNES, W.A.G.A.; MEURER, I.; SOUZA JÚNIOR, W.S. Produtividade e viabilidade econômica da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo no Centro-oeste do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.34, n.1, p.200-211, 2011.

COSTA, C.T. S.; FERREIRA, V.M.; ENDRES, L.; FERREIRA, D.T.R.; GONÇALVES, E.R. Crescimento e produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar no quarto ciclo de cultivo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, n.3, p.56-63, 2011.

DUTRA FILHO, J.A., MELO, L.J.O.T., RESENDE, L.V., ANUNCIACÃO FILHO, C.J., BASTOS, G.Q. Aplicação de técnicas multivariadas no estudo da divergência genética em cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.1, p.185-192, 2011a.

DUTRA FILHO, J.A.; MELO, L.J.O.T.; SIMÕES NETO, D.E.; ANUNCIACÃO FILHO, C.J.; BASTOS, G.Q.; DAROS, E. Seleção de progênies e correlação de componentes de produção em cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.3, p.432-439, 2011b.

FERNANDES, A.C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. 2.ed. Piracicaba: STAB, 2003. 240p.

FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; DETMANN, E.; BARBOSA, M.H.P.; RIBEIRO, M.D.; COSTA, M.G. Avaliação da divergência nutricional de genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.1, p.229-236, 2006.

OLIVEIRA, I.A.; CAMPOS, M.C.C.; FREITAS, L.; SOARES, M.D.R. Caracterização de solos sob diferentes usos na região sul do Amazonas. **Acta Amazonica**, Manaus, v.45, n.1, p.1-12, 2015.

PRADO, H.; PÁDUA JÚNIOR., A.L.; GARCIA, J.C.; MORAES, J.F.L.; CARVALHO, J.P.; DONZELI, P.L. Solos e ambientes de produção. p. 179-204. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. **Cana-de-açúcar**. 1º Ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2010. 882p.

SILVA JUNIOR, C.A.; CARVALHO, L.A.; CENTURION, J.F.; OLIVEIRA, E.C.A. Comportamento da cana-de-açúcar em duas safras e atributos físicos do solo, sob diferentes tipos de preparo. **Bioscienci. Journal**, Uberlândia, v.29, n.1, p.1489-1500, 2013.

SILVA, F. C.; MUTTON, M.J.R.; CESAR, M.A.A.; MACHADO JUNIOR., G.R.; MUTTON, M.A.; STUPIELLO, J.P. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima. p. 288-359. In: SILVA, F. C.; ALVES, B. J. R.; FREITAS, P. L. **Sistemas de produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada à produção de energia e alimentos**. 1º Ed. Brasília: Embrapa, 2015. 586 p.

SILVA, M.A.; ARANTES, M.T.; RHEIN, A.F.L.; GAVA, G.J.C.; KOLLN, O.T. Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.3, p.241-249, 2014.

SILVA, G.C.; OLIVEIRA, F.J.; ANUNCIÇÃO FILHO, C.J.; SIMÕES NETO, D.E.; MELO, L.J.O.T. Divergência genética entre genótipos de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.1, p.52-58, 2011.

SOUZA, P.H.N.; BASTOS, G.Q.; ANUNCIÇÃO FILHO, G.J.; DUARTE FILHO, J.A.; MACHADO, P.R. Avaliação de genótipos de cana-de-açúcar para início de safra na Microrregião Centro de Pernambuco. **Revista Ceres**, Viçosa, v.59, n.5, p.677-683, 2012.

TAVARES, O.C.H.; LIMA, E.; ZONTA, E. Crescimento e produtividade da cana planta cultivada em diferentes sistemas de preparo do solo e de colheita. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.32, n.1, p.61-68, 2010.

VERÍSSIMO, M.A.A.; SILVA, S.D.A.; AIRES, R.F.; DAROS, E.; PANZIERA, W. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos precoces de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.4, p.561-568, 2012.

10. CONCLUSÃO GERAL

Os valores de resistência do solo à penetração (RP) e densidade do solo na linha do rodado dos preparos demonstraram tendência de compactação do solo na camada de 0,00 a 0,20 m.

O tráfego de máquinas para tratamento fitossanitário promoveu aumento da densidade do solo, porosidade total, microporosidade e RP e diminuição da macroporosidade nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade, em relação aos valores obtidos em pós-preparo do solo.

O desenvolvimento das cultivares foi caracterizado pelo maior crescimento em altura de colmos, diâmetro e número de perfilhos até os 215 DAP, com máximo diâmetro e perfilhamento atingidos próximo aos 300 DAP para todas as cultivares.

Embora sejam observados menores valores de densidade do solo e RP no preparo reduzido em relação ao plantio direto na camada superficial, tal aumento não prejudicou a qualidade física do solo neste preparo, onde houve maior perfilhamento e produtividade de colmos e sacarose em níveis próximos aos obtidos em solos sob sistema de preparo convencional.

Sob as condições ambientais que foram submetidas durante o ciclo de cana-planta, as cultivares de maturação precoce (RB965902, RB 966928 e RB 855156) e a cultivar de ciclo médio (RB985476) têm produtividade e atributos tecnológicos superiores às demais; enquanto para a RB036066 estes são menores em ambos os preparos do solo.

As técnicas de análise multivariada permitiram a diferenciação dos componentes de produção de cana-de-açúcar em três fatores referentes à produção de sacarose, produtividade e crescimento de colmos, respectivamente; bem como a identificação de um grupo de cultivares com desempenho superior, sendo tal diferenciação condicionada predominantemente pelo preparo do solo.