



Sistemas de preparo do solo e velocidades de semeadura na resistência à penetração, distribuição logitudinal e produtividade de milho safrinha

Soil preparation systems and seeding speeds in penetration resistance, longitudinal distribution, and productivity of second-crop corn.

Sálvio Napoleão Soares Arcoverde¹, Jorge Wilson Cortez², Giovanna Soares Souza³, Gabriel Manvailer da Costa⁴, Aline da Soledade Fernandes⁵, Hideo de Jesus Nagahama⁶, Victor Alexandre Sá Marques⁷

1. Centro Universitário da Grande Dourados; E-mail: salvionapoleao@gmail.com; 2. Centro Universitário da Grande Dourados, E-mail: JorgeCortez@ufgd.edu.br; 3. Centro Universitário da Grande Dourados, E-mail: giovannassoza@gmail.com; 4. Centro Universitário da Grande Dourados, E-mail: gabrielmanvailer106@gmail.com; 5. Centro Universitário da Grande Dourados, E-mail: alinessoledade@gmail.com; 6. Centro Universitário da Grande Dourados, E-mail: hideo.agro@gmail.com; 7. Centro Universitário da Grande Dourados, E-mail: victoralexandre2304@gmail.com.

RESUMO - A cultura do milho é dependente de práticas de manejo do solo a fim de permitir um ambiente adequado ao desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea, sobretudo em períodos de menor disponibilidade hídrica. Associado a isso, necessita bons estande de plantas e estabelecimento da lavoura, quando se tem regularidade na distribuição de sementes pela semeadora em velocidades recomendadas. O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência mecânica do solo à penetração (RP), como indicador de qualidade físico-hídrica, e a distribuição longitudinal, crescimento e produtividade do milho em sistemas de preparo do solo e velocidades de semeadura. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas pelo plantio direto, preparo reduzido e preparo do solo convencional e duas velocidades de semeadura com quatro repetições. Três e vinte e quatro semanas após o preparo do solo, em cada parcela experimental, avaliou-se a RP com penetrômetro eletrônico de campo, até 0,30 m de profundidade e, simultaneamente, amostras deformadas de solo foram coletadas para a caracterização da umidade. Por ocasião da colheita do milho, avaliou-se a distribuição longitudinal destas por meio dos espaçamentos normal e falho, o estande e a altura de plantas, a altura de inserção da primeira espiga e o diâmetro do colmo, bem como a massa de cem grãos e a produtividade de grãos. Para tanto, tais determinações foram realizadas em duas linhas centrais em 5 metros (9 m²), onde coletou-se manualmente todas as espigas que, posteriormente, forma debulhadas e os grãos utilizados para a determinação da produtividade e massa de cem grãos. Os dados foram submetidos à ANOVA, e quando significativos pelo teste F, foram comparados pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. O preparo do solo convencional manteve menores valores de RP durante o ciclo da cultura, e a possível melhoria das condições físico-hídricas resultou em maior crescimento de plantas de milho e produtividade de grãos. A velocidade de semeadura não interferiu na distribuição longitudinal e estande de plantas, bem como no crescimento e produtividade de grãos.



Palavras-chave: *Zea mays L.* Manejo do solo. Plantio direto. Uniformidade.

ABSTRACT - Maize cultivation depends on appropriate soil management practices to provide a suitable environment for the development of both the root system and the shoot, especially during periods of limited water availability. In addition, adequate plant stand and crop establishment are required, which are achieved when seed distribution by the planter is uniform and performed at recommended operating speeds. The objective of this study was to evaluate soil mechanical resistance to penetration (PR) as an indicator of soil physical-hydraulic quality, as well as the longitudinal seed distribution, growth, and yield of maize under different soil tillage systems and seeding speeds. A randomized complete block design with a split-plot arrangement was used, in which the main plots consisted of no-tillage, reduced tillage, and conventional tillage systems, and the subplots consisted of two seeding speeds, with four replications. At three and twenty-four weeks after soil preparation, soil PR was evaluated in each experimental plot using an electronic field penetrometer down to a depth of 0.30 m; simultaneously, disturbed soil samples were collected for moisture characterization. At maize harvest, longitudinal distribution was assessed based on normal and missing spacings, along with plant stand and height, height of first ear insertion, and stalk diameter, as well as hundred-grain weight and grain yield. These evaluations were performed in two central rows over a 5 m length (9 m²), where all ears were manually harvested, subsequently shelled, and the grains used to determine yield and hundred-grain weight. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA), and when significant by the F-test, means were compared using Tukey's test at the 5% probability level. Conventional tillage maintained lower PR values throughout the crop cycle, and the resulting improvement in soil physical-hydraulic conditions led to greater maize plant growth and grain yield. Seeding speed did not affect longitudinal distribution, plant stand, plant growth, or grain yield.

Keywords: *Zea mays L.* Soil management. No-tillage. Uniformity.

INTRODUÇÃO

A produtividade do milho está diretamente ligada ao sistema de manejo do solo, visto que práticas como o preparo, cobertura e rotação de culturas influenciam diretamente os componentes de produção, tais como o número de espigas por planta, o número de grãos por espiga e a massa de mil grãos. Estudos recentes mostram que manejos conservacionistas favorecem ganhos nesses componentes (PENG et al., 2023). Além disso, atributos do solo como densidade aparente, porosidade, agregação e retenção de água têm impacto sobre o desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, sobre a absorção de nutrientes e água pela planta de milho (NOORI RAMADHAN, et al., 2021).

Apesar de o Brasil apresentar condições favoráveis para o cultivo do milho, ainda existem desafios que limitam o aproveitamento produtivo da cultura. Entre eles destacam-se a degradação física e química do solo, a compactação decorrente de operações intensivas, a redução de matéria orgânica e o uso contínuo de sistemas convencionais de preparo que implicam elevada compactação do solo. Aração e gradagens sucessivas e periódicas podem



levar à perda de estrutura das camadas de solo e menor eficiência de uso dos fatores de produção (GAO et al., 2024). Além disso, a variabilidade climática e a necessidade de sistemas produtivos elevam a necessidade de adoção de manejos mais conservacionistas (MATHERS et al., 2023).

Os sistemas de manejo do solo englobam práticas como o preparo convencional (grade aradora), preparo reduzido (escarificação) e o plantio direto. O preparo convencional revolve completamente o perfil do solo, sendo um método de cultivo que mobiliza o solo por meio de aração e gradagem, assim, removendo totalmente ou parcialmente a vegetação. Por outro lado, o plantio direto visa reduzir o revolvimento, manter a palhada na superfície e preservar a estrutura do solo. Esse manejo tem se destacado quanto a resultados em termos de conservação de solo e produtividade agrícola (SANTANA et al., 2018). A escarificação, por sua vez, é uma operação comumente inserida no contexto do preparo reduzido ou cultivo mínimo, com o intuito de romper camadas compactadas e, assim, aumentar a porosidade e reduzir densidade, melhorando infiltração e capacidade de armazenamento de água no solo. (CAMARA; KLEIN, 2005).

O plantio direto restringe a mobilização do solo e mantém a área coberta por plantas, resultando em uma estabilidade estrutural aprimorada. No entanto, é provável que ocorra compactação superficial devido à passagem de máquinas, sobretudo quando o tráfego ocorre de maneira frequente, condição esta que favorece a formação de camadas compactadas e justifica ainda mais o seu monitoramento, por exemplo, por meio da avaliação da resistência mecânica do solo à penetração - RP (SILVA et al., 2016a). Se a RP ultrapassar níveis críticos, o crescimento das raízes é prejudicado e a absorção de água e nutrientes é afetada, o que pode resultar em diminuição da produtividade das culturas.

Além do SPD, outros sistemas de preparo do solo utilizam implementos que facilitam a descompactação inicial, como os arados. Essa operação aumenta a aeração e a infiltração de água de forma temporária, mas à medida que há mobilização do solo, e conseqüentemente, pressão no solo exercida pela ação dos discos dos implementos associada a operações repetidas, pode resultar na formação de camadas rasas e compactadas, logo abaixo da área mobilizada, denominadas "pé de grade" (SECCO et al., 2005; VEIGA et al., 2008). Isso dificulta a penetração das raízes no perfil do solo e tende a diminuir a aquisição de nutrientes e água pelas plantas.

A escarificação mecânica é outra forma de romper a camada compacta do subsolo e promover benefícios na estrutura do solo, infiltração e crescimento das raízes das culturas (COLLARES et al., 2008). Porém, é de curta duração, pois o novo tráfego de máquinas e a chuva tendem a reconstruir a compactação. Assim, a adoção dessa prática deve ser cuidadosamente avaliada, levando em consideração indicadores físicos do solo, como a resistência à penetração, para avaliar a real necessidade e o momento de agir (SILVA et al., 2016a).

Associada ao manejo do solo, a distribuição de sementes realizada pela semeadora, diretamente relacionada à deposição e à profundidade de semeadura, exerce influência significativa sobre o estande inicial e o estabelecimento das plantas (VIAN et al., 2016). Nesse sentido, Ormond et al. (2018), ao avaliarem a velocidade de deslocamento de uma semeadora, constataram que a operação em baixas velocidades proporcionou maior percentual de espaçamentos normal. Em contrapartida, o aumento da velocidade resultou em maiores índices de espaçamentos falhos e duplos, comprometendo a qualidade da semeadura.

Considerando que as práticas de manejo do solo devem ser orientadas para o controle da compactação e para a manutenção de condições físicas adequadas ao desenvolvimento



radicular, e que a produtividade de grãos, especialmente da cultura do milho, é fortemente dependente de um bom estabelecimento inicial, este trabalho teve como objetivo avaliar a resistência do solo à penetração, como indicador da qualidade físico-hídrica, bem como a distribuição longitudinal, o crescimento e a produtividade do milho segunda safra sob diferentes sistemas de preparo do solo e velocidades de semeadura.

MATERIAIS E MÉTODO

Local da pesquisa

O experimento foi conduzido na área experimental da Unigran (Centro Universitário da Grande Dourados) no município de Dourados, MS, localizado entre as coordenadas geográficas 22° 10' S e 54° 53' W e altitude de 412 m. O solo da área em que foi desenvolvido o estudo é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico com textura muito argilosa. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é Cwa, definido como clima mesotérmico úmido, com verões quentes e invernos secos, apresentando temperaturas superiores a 30 °C no verão (FIETZ et al., 2017). Os detalhamentos dos dados de temperatura média e precipitações mensais no período do ciclo de cultivo encontram-se na Figura 1.

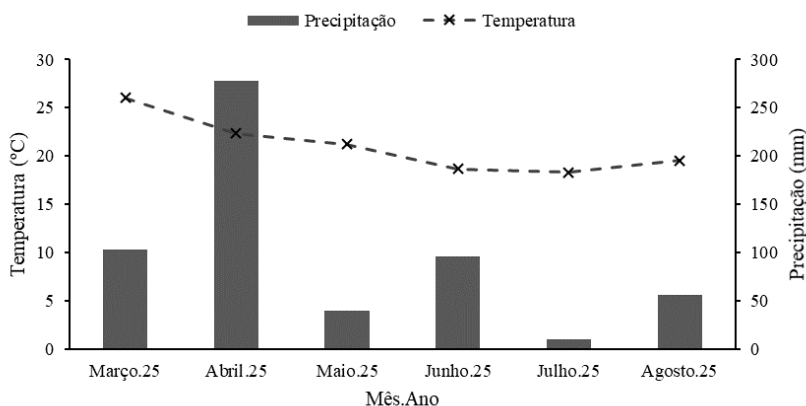


Figura 1. Precipitação acumulada e temperatura média mensais na área experimental durante o ciclo de cultivo de milho.

Procedimentos metodológicos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas pelo plantio direto, preparo reduzido e preparo convencional do solo e duas velocidades de semeadura com quatro repetições. Cada parcela experimental ocupou área de 15 x 3 m (45 m²). O preparo do solo foi realizado em 14 de março de 2025, sendo o preparo convencional com grade aradora e o preparo reduzido com escarificação. No preparo das parcelas, foram utilizados: grade aradora, tipo off-set, de arrasto,



com 11 discos de 0,76 m de diâmetro (28”) em cada seção, na profundidade de 0,20 m, assim como escarificador de 5 hastes parabólicas (três na barra dianteira e duas na barra traseira), com ponteira estreita, espaçadas em 0,35 m, e profundidade máxima de 0,15 m. Para as operações de preparo, foi utilizado o trator 4x2 com TDA (tração dianteira auxiliar) New Holland, modelo TL 95E de potência nominal de 73,6 kW (100 cv), pneus dianteiros 12.4-24 e traseiros 18.4.1-34, e massa de 5,60 Mg. O teor de água no solo médio era 0,28 kg kg⁻¹.

Para a semeadura do milho híbrido NS 80 VIP3, que aconteceu no dia 22 de março de 2025, utilizou-se um trator New Holland TL75E e uma semeadora mecânica de 7 linhas com espaçamento de 0,90 m com haste sulcadora para adubo e disco duplo para semente. A densidade de semeadura utilizada foi de três sementes por metro na profundidade de 5 cm. As velocidades aplicadas nas subparcelas durante a semeadura do milho estavam relacionadas ao escalonamento das marchas do trator, o que resultou em velocidades médias de 4,8 e 6,5 km h⁻¹. As subparcelas foram consideradas apenas as passagens da semeadora durante a semeadura do milho. Os tratos culturais (controle de plantas daninhas, pragas e doenças) foram realizados de acordo com as recomendações para a cultura, conforme o manejo realizado na fazenda.

Três e vinte e quatro semanas após o preparo do solo, realizou-se o teste de resistência do solo à penetração, utilizando o penetrômetro eletrônico de campo da marca Falker, modelo PenetroLOG - PLG 2040, com aptidão eletrônica para aquisição de dados, nas mesmas camadas de solo, sendo coletados 5 pontos aleatórios no meio das entrelinhas nas subparcelas, determinando-se a RP estratificadas nas camadas de 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 m. A fim de caracterização da umidade do solo nos tratamentos, amostras deformadas foram coletadas de modo aleatório, nas camadas de 0-0,20; e 0,20-0,40 m, cujos resultados constam na Tabela 1.

Tabela 1. Umidade do solo (U, kg kg⁻¹) nas camadas de solo sob sistemas de manejo

	SPD	SPR	SPC
Três meses após o preparo do solo			
0 – 20 cm	0,27	0,26	0,25
20 – 40 cm	0,28	0,30	0,30
Vinte e quatro meses após o preparo do solo			
0 – 20 cm	0,26	0,26	0,25
20 – 40 cm	0,28	0,29	0,29

SPD: plantio direto; SPR: preparo reduzido; SPC: preparo convencional.

Por ocasião da colheita, em 25 de agosto de 2025, foram realizadas avaliações de distribuição longitudinal de plantas, crescimento e dos componentes de produtividade da cultura do milho. Em dez plantas ao acaso, a altura de plantas foi determinada com régua graduada em centímetros, tomando-se a medida da superfície do solo até a inserção da folha bandeira; o diâmetro do colmo foi determinado com auxílio de um paquímetro digital, em milímetros, no segundo nó de cada planta a partir da superfície do solo. No momento da colheita, a massa de cem grãos foi determinada pela contagem de duas subamostras de 100 grãos. Posteriormente as amostras tiveram suas massas aferidas em balança de precisão e foi corrigido o teor de umidade para 13%. A produtividade de grãos de milho, em kg ha⁻¹, foi determinada por meio da colheita



de um ponto por parcela composto de duas linhas centrais (1,80 m) com cinco metros de comprimento (5,0 m), o que corresponde a uma área útil de 9 m². Após as plantas foram trilhadas em trilhadora estacionária e limpeza dos grãos. Posteriormente os mesmos foram aferidos em balança digital, aferindo-se a umidade dos grãos em estufa, sendo o teor de umidade corrigidos para 13%. Na avaliação de distribuição longitudinal ou uniformidade de espaçamentos entre plântulas, foi utilizado uma fita métrica, com precisão de 0,5 cm. A porcentagem de espaçamentos normais, falhos e duplos foi obtida de acordo com as normas da ABNT (1984) e Kurachi et al. (1989), considerando-se porcentagens de espaçamentos: normais" (A): $0,5 < X_{ref} < 1,5$, e "falhos" (F): $> 1,5$ o X_{ref} . Em que o X_{ref} correspondeu a distância de 0,33 m. A precisão (%) foi obtida pela relação entre o desvio padrão entre os espaçamentos obtidos na avaliação da distribuição longitudinal das plantas de milho e o espaçamento de referência, multiplicado por 100.

Análise dos dados

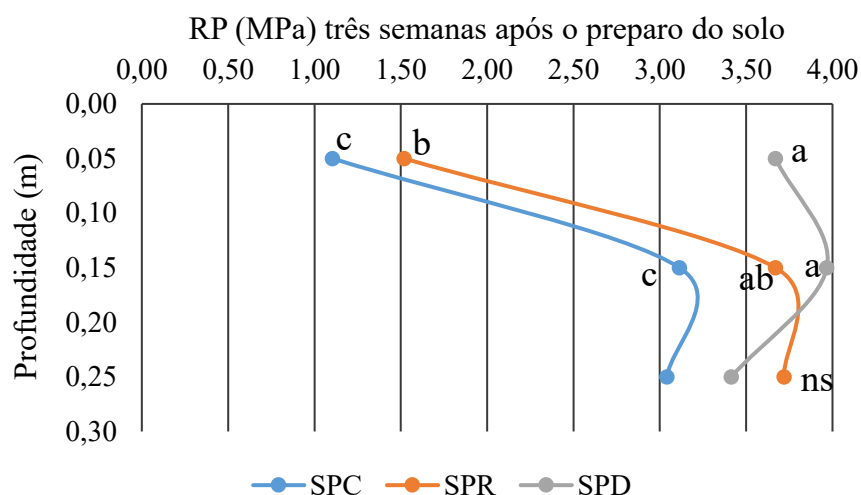
Os dados dos parâmetros obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% da probabilidade, com o auxílio do software AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito da interação sistemas de preparo x velocidade de semeadura para a RP, em ambas as avaliações, somente para os sistemas de preparo, apresentadas na Figuras 2 e 3. Observa-se os valores médios de RP nas camadas de 0,00 a 0,10 m, 0,10 a 0,20 m e 0,20 a 0,30 m, em plantio direto (SPD), preparo reduzido (SPR) e plantio direto (SPD), três semanas após o preparo do solo (Figura 2). Ao analisar a comparação das médias entre os tratamentos, em cada camada, notou-se diferenças significativas entre os sistemas nas camadas superficiais (0,00 a 0,10 m, 0,10 a 0,20 m), o que é coerente com a maior influência do revolvimento mecânico do solo pelas grades no SPC e rompimento do solo pela ação das hastes (ponteiros) do escarificador no SPR. No SPC o revolvimento do solo até 0,20 m de profundidade promoveu menor valor de RP, em relação ao SPR, seguido do SPD. Maiores valores de RP no perfil de solo estão de acordo com Beutler et al. (2001) estudando diferentes sistemas de manejo. Em contrapartida, na camada de 0,20 a 0,30 m, os tratamentos não se diferenciaram estatisticamente. Ressalta-se que, até 0,30 m de profundidade, o SPC manteve valores de RP inferiores a 3,10 MPa. Abaixo de 0,10 m, o efeito do SPR foi semelhante ao SPD, em ambos os manejos com valores de RP próximos ou superiores a 3,5 MPa.



Figura 2. Resistência do solo à penetração em sistemas de preparo nas camadas de 0,00 a 0,10 m, 00,10 a 0,20 m e 0,20 a 0,30 m. Letras distintas na camada diferem pelo teste de Tukey a 5% e probabilidade.



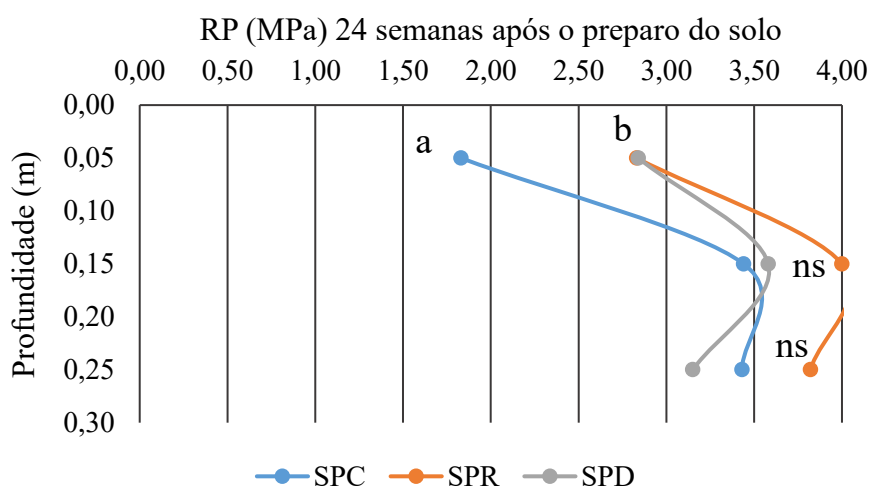
Na Figura 3 observa-se os valores médios de resistência do solo à penetração (RP) nas camadas de 0,00 a 0,10 m, 00,10 a 0,20 m e 0,20 a 0,30 m, em SPD, SPR e SPC, vinte e quatro semanas após o preparo do solo, imediatamente após a colheita mecanizada do milho. Ao analisar a comparação das médias entre os tratamentos, em cada camada, notou-se diferenças significativas entre os sistemas na camada mais superficial (0,00 a 0,10 m). Em solo com umidade semelhante à primeira avaliação (Tabela 1), o SPC manteve o valor médio de RP inferior a 2,0 MPa, apontado como valor crítico para o crescimento radicular da maioria das culturas. Em contrapartida, na mesma camada de solo, observou-se aumento significativo do valor médio de RP, que passou de cerca de 1,5 para 2,8 MPa, em um período inferior a seis meses, o que demonstra o efeito temporário na redução da compactação do solo pelo rompimento do solo causada pela ponteira do escarificador.

Há relatos na literatura acerca desse efeito temporário que pode chegar a um ano (CAMARA; KLEIN, 2005), todavia nas condições desse estudo esse efeito foi inferior a seis meses, concordando com Haskel et al. (2026) que verificaram que a escarificação tem efeitos somente para uma safra de cultura, indicando mudanças efêmeras e reconsolidação do solo em 6 a 12 meses. Os autores ainda concluíram que não há necessidade de escarificação do solo sob SPD quando a sucessão milho/cobertura de inverno é adotada por três anos em solo muito argiloso. Nas camadas mais profundas, não houve diferença significativa para a RP entre os sistemas de preparo, demonstrando mais efeito das práticas de manejo na superfície do solo, que influenciam também na redução dos valores de RP, enquanto em profundidade a reconsolidação em subsuperfície pelo adensamento e à energia transmitida decorrente do tráfego de máquinas é responsável por aumentar e equiparar os valores de RP nos diferentes



sistemas de preparo. Em geral, no SPC observou-se manutenção relativamente próxima dos valores de RP, após cinco meses, entre a primeira e a segunda avaliação.

Figura 3. Resistência do solo à penetração em sistemas de preparo nas camadas de 0,00 a 0,10 m, 0,10 a 0,20 m e 0,20 a 0,30 m. Letras distintas na camada diferem pelo teste de Tukey a 5% e probabilidade.



Para SPD ou SPR, a RP superficial entre 3,0 e 3,5 MPa pode ocorrer sem perda imediata de produtividade, mas valores persistentes superiores a 3,5 MPa em 0,10 a 0,30 m tendem a alterar a arquitetura radicular e reduzir produtividade se coincidentes com estresse hídrico (SLEIDERINK et al. 2024).

Observa-se que não houve efeito da interação sistemas de preparo x velocidade de semeadura para o estande de plantas e distribuição longitudinal em espaçamentos normal e falho, tampouco dos fatores isolados, mostrando regularidade na distribuição das sementes pela semeadora mecânica, o que também é atestado pela ausência de diferença estatística quanto à precisão na distribuição (Tabela 2). Esses resultados estão de acordo com os obtidos com Cortez et al. (2021) ao avaliarem a distribuição longitudinal de plantas de milho em diferentes sistemas de manejo do solo e velocidades de semeadura.

Ressalta-se a importância do espaçamento uniforme entre as sementes por permite delimitar o espaço máximo para cada planta, reduzindo a competição intraespecífica (ZHAO, CHEN, XU, 2010). O que é um fator chave para o desenvolvimento do milho, pois a cultura não possui plasticidade, ou seja, não consegue compensar falhas, o que pode afetar seu desempenho (SILVA et al., 2016b).

Tabela 2. Estande, espaçamentos norla e falho e precisão na distribuição longitudinal de plantas de milho em plantio direto (SPD), preparo reduzido (SPR) e preparo convencional (SPC).

FATOR	ESTANDE (mm)	Espaçamento Normal	Espaçamento Falho	Precisão (%)
-------	--------------	--------------------	-------------------	--------------



Preparo (P)				
SPD	2,5 a	85,0 a	12,5 a	23,9 a
SPR	2,5 a	92,5 a	7,5 a	23,5 a
SPC	2,5 a	83,3 a	15,0 a	19,1 a
Velocidade (V)				
4,7 km h ⁻¹	2,5 a	88,9 a	12,8 a	23,0 a
6,5 km h ⁻¹	2,5 a	84,8,5 a	10,4 a	21,3 a
Teste F				
V	0,3ns	1,75ns	1,62 ns	0,77ns
P	0.69 ns.	0.48 ns	0.55 ns	0,81 ns
P x V	1.02 ns	1.59 ns	1.59 ns	0,86ns
C.V. P (%)	0,0	8,5	51,5	27,54
C.V. V (%)	0,0	7,3	48,5	25,2

*, ** Significativo a 5% e 1% de probabilidade, ^{ns} não significativo, pelo Teste F. C.V.: coeficiente de variação.
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Os coeficientes de variação (CV) (Tabela 2) foram classificados de acordo com Warrick & Nielsen (1980), sendo altos quando $CV > 62\%$, médios quando $12\% < CV < 62\%$ e baixos quando $CV < 12\%$. Assim, a distribuição longitudinal para o espaçamento normal foi classificada tendo CV baixo e duplo foi classificada como tendo um CV médio.

Não houve efeito da interação sistemas de preparo x velocidade para os componentes de produtividade de milho, somente para sistema de preparo. Em relação aos componentes de rendimento de grãos (Tabela 3), o preparo do solo teve efeito sobre o diâmetro do caule, altura da planta e altura de inserção da primeira espiga (AIE), bem como para MCG e produtividade de grãos, destacando-se os maiores valores desses componentes no SPC, cuja produtividade foi 3532,43 kg ha⁻¹. Os componentes de rendimento foram classificados como tendo CV baixo (WARRICK; NIELSEN, 1980). Ressalta-se que todos os componentes tiveram valores ligeiramente inferiores, em valores absolutos, em relação aos obtidos por Cortez et al. (2021), devido à baixa quantidade de chuvas no município de Dourados, MS, em 2025 (Figura 1).

Tabela 3. Diâmetro do caule, altura de planta, altura de inserção da primeira espiga (AIPE), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos de milho em plantio direto (SPD), preparo reduzido (SPR) e preparo do solo convencional (SPC)

FATOR	Diâmetro (mm)	Altura (m)	AIPE (cm)	MCG (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Preparo (P)					
SPD	14,68 ab	1,36 b	0,59 b	20,08 b	2894,94 ab
SPR	13,24 b	1,27 b	0,53 b	20,08 b	2660,37 b
SPC	15,16 a	1,72 a	0,72 a	25,78 a	3532,43 a



Velocidade (V)					
4,7 km h ⁻¹	15,6 a	1,54 a	0,68 a	23,1 a	3140,3 a
6,5 km h ⁻¹	13,1 a	1,46 a	0,53 a	22,6 a	3008,2 a
Teste F					
P	8,69*	14,28**	15,40**	12,56**	8,68*
V	1,32ns	1,43ns	1,12ns	1,48ns	0,92ns
P x V	0,34ns	0,68ns	0,71ns	1,47ns	0,89ns
C.V.P (%)	4,73	8,39	8,32	8,45	10,11
C.V.V (%)	3,83	6,49	7,12	6,73	8,32

*, ** Significativo a 5% e 1%% de probabilidade, ^{ns} não significativo, pelo Teste F. C.V.: coeficiente de variação.

A maior produtividade de grãos nesses tratamentos pode ser atribuída ao fato de que o manejo utilizado favoreceu a descompactação do solo e, conseqüentemente, o desenvolvimento da cultura do milho (CORTEZ et al., 2021). Enquanto a regularidade da semeadora na distribuição de sementes, permitiu um adequado estande e estabelecimento da lavoura, nas diferentes velocidades de semeadura avaliadas. Vale destacar, portanto, que as melhores condições físico-hídricas proporcionadas pelo SPC, possivelmente, persistiram ao longo do ciclo de cultivo do milho, possibilitando melhor desenvolvimento radicular e disponibilidade hídrica, o que refletiu em melhor desenvolvimento das plantas em diâmetro do colmo e altura, bem como em produtividade de grãos.

CONCLUSÕES

Os sistemas de preparo do solo não influenciaram o estande e distribuição longitudinal de plantas de milho. A velocidade de semeadura não interferiu no estande e distribuição longitudinal de plantas de milho, bem como no crescimento e produtividade de grãos.

O preparo convencional do solo propiciou maior crescimento e melhores componentes de produtividade de milho safrinha, bem como menores valores de resistência à penetração na camada de 0,00 a 0,10 m, durante o ciclo da cultura.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram que o trabalho não possui conflito de interesses.



REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de norma 04:015.06-004: semeadoras de precisão: ensaio de laboratório – método de ensaio**. São Paulo: ABNT, 1984. 26 p.

BARBOSA, J.C.; MALDONADO JUNIOR, W. **AgroEstat - sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 396p.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 167–177, 2001.

CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 789–796, 2005.

COLLARES, G. L.; PEREIRA, R. A.; SANTOS, R. F.; CARVALHO JÚNIOR, O. H.; RODRIGUES, C. C.; FERREIRA, C. C. Escarificação mecânica em plantio direto: efeitos sobre a compactação e propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 931–939, 2008.

CORTEZ, J. W.; BERNAL DE CARVALHO, I. F.; PRESTES NANTES, F.; PEREIRA DE JESUS, M.; BILIBIO, M. J. Corn grain yield components according to the soil management system. **Energia na Agricultura, Botucatu**, v. 36, n. 4, p. 464–470, 2021.

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAN, D. L. **O clima da região de Dourados, MS**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2017. 31 p. (Série Documentos, 138).

MATTHEWS, G. A. **Pesticide Application Methods**. 3. ed. Oxford: Blackwell Science, 2002. 432 p.

GAO, P. J.; ABBAS, H.; LI, F. Q.; TANG, G. R.; LV, J. Z.; ZHOU, X. B. Effect of planting methods and tillage practices on soil health and maize productivity. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 15, p. 1436011, 2024.

HASKEL, M. K.; CONCEIÇÃO, P. C.; STUMPF, L.; GIRARDELLO, V. C.; AMADORI, C.; PELLEGRINI, A. Soil penetration resistance under different chiseling intensities and no-tillage with a succession of corn and different winter cover crops. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 56, e202393947, 2025.

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J. A. S.; BERNARDI, J. A.; COELHO, J. L. D.; SILVEIRA, G. M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaios



e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia**, Campinas, v. 48, n. 2, p. 249–262, 1989.

ORMOND, A. T. S.; FURLANI, C. E. A.; OLIVEIRA, M. F.; NORONHA, R. H. F.; TAVARES, T. O.; MENEZES, P. C. Maize sowing speeds and seed-metering mechanisms. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 10, n. 9, p. 468–476, 2018.

MATHERS, C.; CAMPBELL, B. T.; SMITH, J. D.; JOHNSON, A. L.; MILLER, T. J.; DAVIS, R. H. No-till confers yield stability and higher cumulative yield under variable climate conditions in the southeastern USA. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 292, p. 108811, 2023.

PENG, Z.; WANG, X.; LIU, Y.; ZHANG, H.; SUN, L.; CHEN, R.; TANG, J. Tillage practices affected maize (*Zea mays* L.) productivity and water use efficiency by regulating soil moisture and temperature in a semiarid environment. **Water**, Basel, v. 15, n. 18, p. 3243, 2023.

RAMADÃ, M. N. Productivity and yield components of maize and soil physical properties as affected by tillage practices and organic cover. *Saudi Journal of Biological Sciences*, Riyadh, v. 28, n. 12, p. 7152–7159, 2021.

SANTANA, J.; SILVA, L. P.; OLIVEIRA, T. R.; LIMA, F. A.; SOUSA, M. A. Caracterização física e química de solo em sistemas de manejo, plantio direto e convencional. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 15, n. 27, p. 22–42, 2018.

SECCO, D.; FERREIRA, G. W.; MENDONÇA, E. S.; ALVES, J. D.; SARAIVA, R. A. Efeitos de sistemas de preparo e compactação do solo no crescimento radicular do milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1022–1029, 2005.

SILVA, R. B.; ANDRADE, P. C.; LOPES, A. P.; GOMES, M. A.; CARDOSO, A. M. Compactação do solo em sistemas de manejo e sua relação com a produtividade da soja. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 39, n. 4, p. 555–563, 2016a.

SILVA, D. H. R.; MENEGHELLO, G. E.; OLIVEIRA, S.; CAVALCANTE, J. A.; TUNES, L. M. População de plantas e desempenho produtivo de híbridos de milho oriundos de sementes com diferentes níveis de vigor. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 11, n. 2, p. 1–4, 2016b.

SLEIDERINK, J.; DERU, J. G. C.; VAN DER WEIDE, R.; VAN EEKEREN, N. Effects of reduced tillage and prolonged cover cropping in maize on soil quality and yield. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 244, p. 106196, 2024.

VEIGA, M.; SILVA, J. P.; RIBEIRO, M. F.; ALMEIDA, T. E. Sistemas de preparo do solo: efeitos na compactação e nas propriedades físicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 365–373, 2008.



VIAN, A. L.; SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R.; SIMON, D. H.; DAMIAN, J. M.; BREDEMEIR, C. Variabilidade espacial da produtividade de milho irrigado e sua correlação com variáveis explicativas de planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 3, p. 464–471, 2016.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. **Spatial variability of some physical properties of the soil**. In: HILLEL, D. (org.). Applications of soil physics. New York: Academic Press, 1980. p. 319–344.

ZHAO, Z.; LI, Y.; CHEN, J.; XU, L. Numerical analysis and laboratory testing of seed spacing uniformity performance for vacuum-cylinder precision seeder. **Biosystems Engineering**, Amsterdam, v. 106, n. 4, p. 344–351, 2010.