



AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO CULTIVADO COM MIX DE PLANTAS DE COBERTURA

Gabrielle do Carmo Vitalino¹, Rayanna Elizabeth Queiroz², Wagner Henrique Moreira³

¹Acadêmica do Curso de Agronomia, *Campus Nova Andradina-MS*, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul - IFMS. Bolsista PIBIC. gabrielle.vitalino@estudante.ifms.edu.br. ²Acadêmica do Curso de Agronomia, *Campus Nova Andradina-MS*, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul - IFMS. Bolsista PIBIC. rayanna.queiroz@estudante.ifms.edu.br. ³Docente do Curso de Agronomia, *Campus Nova Andradina-MS*, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul - IFMS. wagner.moreira@ifms.edu.br.

RESUMO

Este estudo investigou a influência de diferentes arranjos de plantas de cobertura, em sistemas de mix e cultivo solteiro, na estrutura física do solo, com foco na resistência à penetração (RP) em diversas profundidades. A pesquisa foi conduzida em Nova Andradina, Mato Grosso do Sul, em um Latossolo Vermelho. Foram realizadas amostragens de solo e testes de Densidade do Solo (Ds), teor de água volumétrico (θ), RP, além de Massa Seca Aérea (MSA) e Massa Seca de Raiz (MSR) em fevereiro de 2025. Os oito tratamentos avaliados foram compostos por combinações das espécies: Crambe (*Crambe abyssinica*), Crotalária (*Crotalaria ochroleuca*), Feijão guandu (*Cajanus cajan*) Nabo forrageiro (*Raphanus sativus*). Os resultados indicaram que a MSR e o θ na camada de 0-0,10 m foram os únicos atributos a apresentar diferenças significativas entre os oito tratamentos (T1 a T8). O T7 (crotalária solteira) destacou-se na MSR, e o T6 no teor de água superficial. Embora a teoria sugira que maior biomassa de plantas de cobertura reduziria a RP, essa correlação não foi consistentemente observada em todas as camadas, com a RP não apresentando diferenças significativas independentemente da profundidade. Concluiu-se que, apesar de algumas tendências, os dados não foram suficientes para afirmar conclusivamente a influência dos tratamentos sobre todos os atributos do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Atributos físicos; Cerrado; Plantas forrageiras.

1 INTRODUÇÃO

Os solos do Cerrado, frequentemente caracterizados por acidez elevada, baixa fertilidade, alto teor de areia e reduzido conteúdo de matéria orgânica do solo (MOS), demandam práticas que promovam sua recuperação (Santos et al., 2018). Nesse sentido, diferentes sistemas de manejo e uso do solo têm sido propostos como estratégias para minimizar os impactos das atividades agrícolas sobre os ecossistemas. Entre eles, destaca-se o Sistema de Semeadura Direta (SSD), amplamente reconhecido por seu caráter conservacionista e ambientalmente sustentável (Silva et al., 2022).

O SSD é considerado uma das práticas agrícolas mais efetivas para a preservação ambiental, sendo baseado em três princípios fundamentais: a ausência ou revolvimento mínimo do solo, a rotação de culturas e a manutenção de cobertura vegetal morta na superfície do solo, caracterizando-se como uma técnica de cultivo mínimo (Simon et al., 2021). Assim, o SSD se consolida como uma abordagem conservacionista amplamente validada por sua capacidade de preservar a qualidade do solo e recuperar áreas degradadas (Fagundes et al., 2019).

O uso de plantas de cobertura no SSD se mostra uma estratégia eficaz para condicionar o pH, elevar os níveis de MOS e favorecer a conservação do solo por meio da redução dos riscos de erosão (Fernandes; Tejo; Arruda, 2019). O consórcio de plantas de cobertura com características contrastantes, como sistemas radiculares diversificados, apresenta resultados ainda mais promissores na melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Silva et al., 2021).



No Cerrado, é comum a prática de apenas uma safra anual, com semeaduras concentradas na estação chuvosa (setembro a dezembro) e colheitas entre fevereiro e maio. Durante o período seco, as áreas frequentemente permanecem em pousio, favorecendo a proliferação de plantas daninhas e o aumento do banco de sementes, o que pode comprometer o manejo de culturas subsequentes (Marasca et al., 2021).

No contexto prático, o uso de plantas de cobertura é frequentemente adotado em áreas destinadas ao pousio ou em períodos anteriores ao cultivo comercial. Para alcançar resultados satisfatórios, é essencial integrá-las à rotação de culturas, permitindo ao agricultor unir rentabilidade econômica com a preservação do solo. Ademais, tais plantas oferecem condições favoráveis para o desenvolvimento das culturas subsequentes, promovendo benefícios como proteção contra erosão, retenção de nutrientes e melhoria estrutural do solo (De Moraes et al., 2016). Espécies utilizadas como cobertura têm múltiplas finalidades, incluindo produção de palhada para o SSD, feno, silagem e até mesmo pastoreio, além de contribuírem para a prevenção de processos erosivos e a manutenção da fertilidade do solo (Redin et al., 2016).

A utilização de plantas de cobertura contribui para a disponibilidade de nutrientes e reduz a competição com plantas daninhas, dificultando seu crescimento e floração. O cultivo de espécies com ciclos fenológicos conhecidos auxilia na supressão de plantas daninhas resistentes, facilitando seu controle antes do estabelecimento da cultura principal (Cherubin et al., 2022). Nesse contexto, o uso de misturas de espécies vegetais, conhecidas como mixes de cobertura, tem demonstrado superioridade em relação à monocultura, por promover maior diversificação e eficiência no controle de plantas indesejáveis, além de melhorar a qualidade da palhada formada (Dos Reis e Borsoi, 2020).

Apesar dos benefícios, a implementação do SSD enfrenta desafios como falta de conscientização entre os agricultores, limitações econômicas e dificuldades na adoção de rotações de culturas (Fortini; Braga; Freitas, 2020). Ainda assim, sua eficácia em aumentar os teores de MOS, melhorar a capacidade de troca de cátions (CTC) e incrementar a retenção hídrica reforça seu papel na sustentabilidade agrícola de longo prazo. Em regiões tropicais, como o Cerrado, essas práticas têm mostrado potencial para melhorar a formação de palhada e elevar os níveis de MOS (Wolschick et al, 2016). Contudo, estudos mais aprofundados sobre o uso de mixes de cobertura nesse bioma são necessários para consolidar a eficácia dessa técnica e promover sua adoção em larga escala.

Dentre os métodos comumente empregados para a avaliação dos atributos do solo, destacam-se a determinação da Ds, da porosidade total (PT), da porosidade de aeração (EA), do θ e da RP. Alguns desses parâmetros têm sido adotados como indicadores de alterações na qualidade do solo; entretanto, para que sejam efetivos, devem apresentar sensibilidade suficiente para refletir os efeitos de diferentes sistemas de manejo e condições climáticas em uma escala temporal que possibilite a detecção de mudanças (Torres et al., 2015). Nesse contexto, este estudo teve como objetivo analisar as variações nos atributos físicos do solo, considerando Ds, PT, EA, u , θ e RP, em função da utilização de distintas espécies de plantas de cobertura sob sistema de semeadura direta.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no município de Nova Andradina, Mato Grosso do Sul, precisamente no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS) - *Campus* Nova Andradina. Rodovia MS 473, Km 23, apresentando relevo plano a suave ondulado e declividade média de 3%. A região apresenta médias anuais de



temperatura e precipitação pluvial entre 20-22 °C e 1500-1700 mm, respectivamente. O solo foi identificado como Latossolo Vermelho de textura arenosa na camada de 0-0,2 m (De Oliveira et al., 2022).

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados (4 blocos), com 8 tratamentos de espécies de cobertura, sendo: T1 - Crambe (*Crambe abyssinica*) + Crotalária (*Crotalaria ochroleuca*) + Feijão guandu (*Cajanus cajan*) + Nabo forrageiro (*Raphanus sativus*); T2 - Crotalária (*Crotalaria ochroleuca*) + Feijão guandu (*Cajanus cajan*) + Nabo forrageiro (*Raphanus sativus*); T3 - Crambe (*Crambe abyssinica*) + Crotalária (*Crotalaria ochroleuca*) + Feijão guandu (*Cajanus cajan*); T4 - Feijão guandu (*Cajanus cajan*) + Nabo forrageiro (*Raphanus sativus*); T5 - Crambe (*Crambe abyssinica*) + Feijão guandu (*Cajanus cajan*); T6 - Nabo forrageiro (*Raphanus sativus*); T7 - Crotalária (*Crotalaria ochroleuca*); T8 - Crambe (*Crambe abyssinica*).

Em fevereiro de 2025, foram realizadas amostragens de solo nas profundidades de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, para avaliação de atributos físicos do solo. Além disso, foram coletadas plantas em área de 1 m², para avaliação da matéria seca e realizada coleta para avaliação de raízes. Os atributos foram avaliados conforme:

a) Ds: determinada a partir de amostras indeformadas obtidas com o auxílio de um amostrador e cilindros metálicos com volume aproximado de 100 cm³, coletados nas profundidades de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m. O cálculo da densidade segue o procedimento descrito por Blake e Hartge (1986).

b) θ : calculado pela razão entre a massa de água e a massa de sólidos do solo, ajustado de acordo com a Ds, conforme os métodos propostos por Blake e Hartge (1986).

c) RP: mensurada utilizando um penetrômetro eletrônico comercial, capaz de realizar medições de até 0,60 m de profundidade. Durante a avaliação, amostras são coletadas nas proximidades para determinação da Ds e do θ , devido à forte influência dessas variáveis na RP do solo.

d) MAS e MSR: o teor de umidade em plantas pode ser determinado em relação à temperatura de secagem de 65-70 °C, até peso constante. É necessário pesar uma alíquota de material úmido e homogeneizado e colocar em recipiente de secagem, manter a 65-70°C com circulação de ar forçado por 24 a 48 horas e pesar o material seco, como proposto por Tedesco (1995).

As amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m em todas as 32 parcelas com o auxílio de amostrador, sendo acondicionadas em cilindros numerados e armazenadas em sacos de papel até o processamento. Os testes de RP e as coletas de plantas também foram realizados em todas as parcelas.

As plantas coletadas foram posteriormente pesadas conforme a parcela experimental, determinando-se a massa de raiz fresca e a massa de parte aérea fresca, composta por caule e folhas conforme Wolschick et al. (2016). A partir das amostras de parte aérea, foi retirada uma alíquota de aproximadamente 0,2 kg. Cada fração foi separada e armazenada em sacos de papel para secagem em estufa a 65 °C por um período de 3 dias.

Após a coleta e organização dos dados experimentais, a análise estatística foi realizada utilizando-se o programa Sisvar, com nível de significância de 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Gráfico 1 ilustra a MSA e a MSR das plantas de cobertura. Com relação à MSA, os dados gráficos indicaram variações entre os tratamentos avaliados. As estimativas



visuais dos valores de MSA para cada tratamento foram as seguintes: T1, aproximadamente 2300 kg/ha; T2, cerca de 2200 kg/ha; T3, aproximadamente 2700 kg/ha; T4, em torno de 1200 kg/ha; T5, aproximadamente 1900 kg/ha; e T7, cerca de 2700 kg/ha. Observou-se que o T3 e T7 apresentaram os maiores valores de MSA, enquanto o T4 exibiu o menor valor. Ademais, nota-se que o gráfico de MSA não continha indicações de diferença estatística entre os tratamentos.

A análise de MSR revelou padrões distintos e a presença de indicações de diferenças estatísticas entre os tratamentos. O T7 destacou-se por apresentar o maior valor de MSR, sendo estatisticamente diferente do T4 e do T3, conforme indicado pela letra “C”. Em contrapartida, o T4 registrou o menor valor de MSR, diferenciando-se estatisticamente do T7, conforme a letra “A”. O T3 (BC) também demonstrou diferença estatística em relação ao T4 (A) e ao T7 (C). O T1, T2 e T5, por compartilharem letras (AB, ABC), indicam que não houve diferença estatística significativa entre si e com alguns outros grupos, sugerindo uma sobreposição de resultados. Vale ressaltar que o T6 e T8 não foram representados nos gráficos fornecidos, uma vez que não houve plantas suficientes para a avaliação (perda por germinação ruim, associada a déficit hídrico, pragas e doenças).

Tais resultados sugerem que a presença de crotalária (T7) e a combinação de crambe, guandu e crotalária (T3) foram eficazes na produção de biomassa, tanto na parte aérea quanto nas raízes. Em estudo realizado por Borges et al. (2018), a *C. ochroleuca* apresentou resultados satisfatórios quanto à produção de biomassa, caracterizando-se como a espécie com maior produção de biomassa seca ($7.322,43 \text{ kg/ha}^{-1}$ aos 68 DAP) e acúmulo de nutrientes. Ademais, a crotalária promoveu maior acúmulo de nutrientes, tanto aos 46 DAP quanto aos 68 DAP, corroborando a sua influência na produção de MSA e MSR.

Por outro lado, as combinações com nabo forrageiro e guandu (T4) e guandu e crambe (T5) resultaram em menor desenvolvimento das plantas de cobertura, o que corrobora a observação preliminar durante as coletas a campo, sobre a dificuldade de estabelecimento de algumas culturas, como nabo, guandu e crambe, quando em menor diversidade ou em certas combinações e, ainda corroborado por meio de estudo de Borges et al. (2018), o *C. cajan* apresentou menor produção de biomassa ($2.610,85 \text{ kg/ha}^{-1}$ aos 68 DAP).

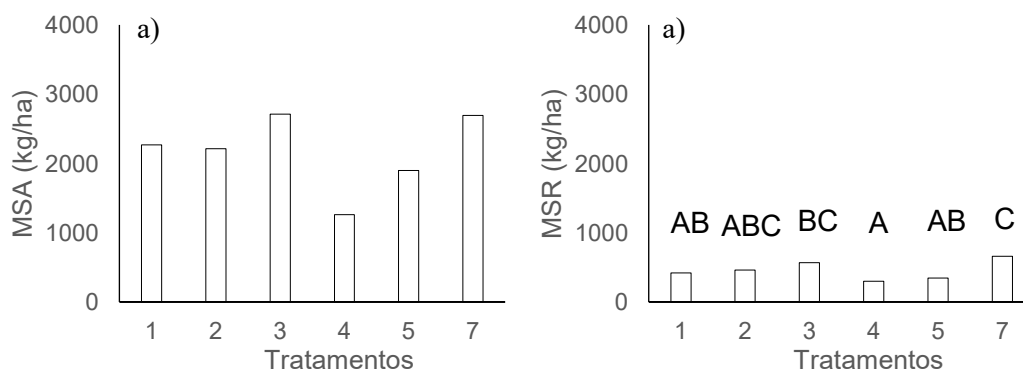


Gráfico 1: Resultados de massa fresca aérea e massa fresca de raiz. Letras diferentes indicam diferença estatística.

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

No Gráfico 2-a, que apresenta a Ds na camada de 0-0,10 m, os dados indicaram que todos os tratamentos apresentaram valores de Ds que não diferiram estatisticamente entre si. As estimativas dos valores de Ds para cada tratamento variaram entre aproximadamente



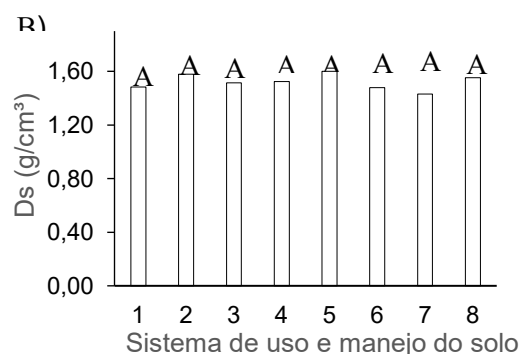
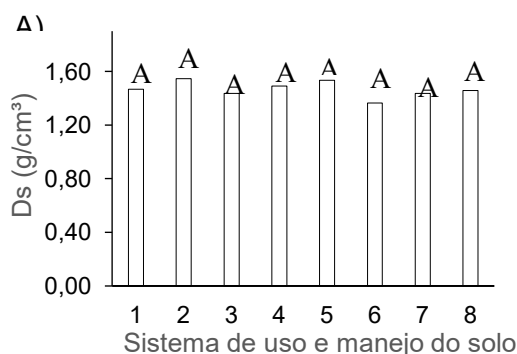
1,45 g/cm³ e 1,55 g/cm³. Esta uniformidade estatística sugere que, para esta profundidade, os diferentes sistemas de uso e manejo do solo não promoveram alterações significativas na D_s, ou que as diferenças observadas não foram suficientes para atingir significância estatística.

O Gráfico 2-b, expõe a D_s na camada de 0,10-0,20 m, onde o padrão observado foi similar ao da camada superior. Os valores estimados de D_s para esta camada também se mantiveram em uma faixa estreita, entre aproximadamente 1,45 g/cm³ e 1,55 g/cm³. A persistência da ausência de diferenças estatísticas em ambas as camadas de D_s pode indicar uma resiliência do solo às práticas de manejo ou que o período de avaliação não foi suficiente para induzir alterações detectáveis na densidade.

Quanto à análise de θ na camada de 0-0,10 m, por meio do Gráfico 2-c, observa-se padrões distintos e a presença de indicações de diferenças estatísticas entre os tratamentos. O T6 destacou-se por apresentar o maior valor de θ , sendo estatisticamente diferente de diversos outros tratamentos, conforme indicado pela letra "B". Os tratamentos agrupados pela letra "A" (1, 3, 5, 7) apresentaram os menores valores de θ e diferiram estatisticamente do T6. O T2, T4 e T8, por compartilharem letras (AB), indicam que não houve diferença estatística significativa entre si e com alguns outros grupos, sugerindo uma sobreposição de resultados.

Para θ na camada de 0,10-0,20 m, observou-se que a maioria dos tratamentos foi agrupada pela letra "A", indicando que não houve diferenças estatísticas entre eles. As estimativas visuais dos valores de θ para esta camada variaram entre aproximadamente 0,04 cm³/cm³ e 0,06 cm³/cm³. Embora o T2 tenha apresentado um valor ligeiramente superior (aproximadamente 0,065 cm³/cm³), ele ainda foi agrupado pela letra "A", assim como os demais tratamentos. Esta homogeneidade estatística sugere que, para esta profundidade, os sistemas de uso e manejo do solo não influenciaram de forma significativa o θ , ou que as diferenças foram muito sutis para serem estatisticamente detectadas.

Os resultados sugerem que o sistema de uso e manejo do solo aplicado no T6 foi mais eficaz na retenção de água na camada superficial. As diferenças observadas no θ na camada superior podem ter implicações diretas na disponibilidade hídrica para as plantas e na atividade microbiana do solo. Por outro lado, na camada mais profunda (0,10-0,20 m), os valores de θ não apresentou diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, indicando que a influência dos sistemas de manejo pode ser mais pronunciada nas camadas superficiais do solo.



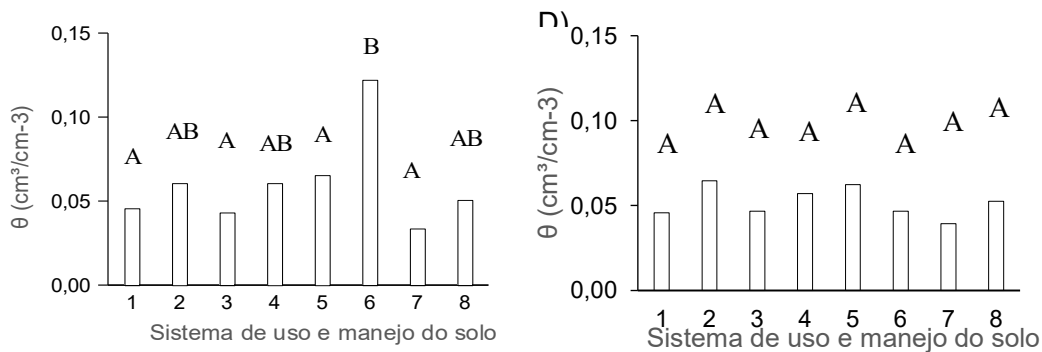


Gráfico 2: Resultados Densidade do solo (D_s) na camada de 0,00-0,10 m (a) e 0,10 - 0,20 m (b) e teor de água volumétrico (θ) na camada de 0,00-0,10 m (c) e 0,10 - 0,20 m (d). Letras diferentes indicam diferença estatística.

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

O Gráfico 3 detalha a RP do solo a cada 0,05 m até a profundidade de 0,60 m, para os diferentes tratamentos. É possível observar que, nas camadas superficiais (0,01 a 0,1 m), os valores de RP são geralmente mais baixos em comparação com as camadas mais profundas. Isso é esperado, pois as camadas superficiais são mais influenciadas pelo manejo e pela atividade biológica. Ademais, nota-se que a RP tende a aumentar com a profundidade na maioria dos tratamentos, indicando uma maior compactação em camadas mais profundas do solo.

Na camada de 0-0,05 m (Gráfico 3-a), observou-se que todos os tratamentos apresentaram valores de RP relativamente baixos, variando entre aproximadamente 400 e 700 kPa, sem indicações de diferença estatística entre os tratamentos.

Para a camada de 0,06-0,10 m (Gráfico 3-b), os valores de RP apresentaram maior variabilidade, com T1 e T6 exibindo os maiores valores (aproximadamente 1.800 e 1.900 kPa, respectivamente), enquanto o T4 apresentou o menor valor (cerca de 1.000 kPa). Novamente, não foram observadas indicações de diferenças estatísticas entre os tratamentos.

Na camada de 0,11-0,15 m (Gráfico 3-c), os valores de RP permaneceram em uma faixa relativamente mediana, entre aproximadamente 2.000 e 2.600 kPa, com T5 e T6 mantendo valores superiores aos demais. A ausência de indicações estatísticas sugere homogeneidade entre os tratamentos para esta profundidade.

Para a camada de 0,16-0,20 m (Gráfico 3-d), observou-se uma elevação geral nos valores de RP em comparação com as camadas anteriores, com valores variando entre aproximadamente 2.200 e 3.400 kPa. O T4 apresentou o maior valor, enquanto os T1 e T2 exibiram os menores valores.

Na camada de 0,21-0,25 m (Gráfico 3-e), os valores de RP variaram consideravelmente entre os tratamentos, com o T4 apresentando o maior valor (aproximadamente 3.400 kPa) e o T1 o menor (cerca de 2.500 kPa). Para a camada de 0,26-0,30 m (Gráfico 3-f), os valores de RP quase não apresentaram diferenças visuais entre os tratamentos em comparação aos valores anteriores.

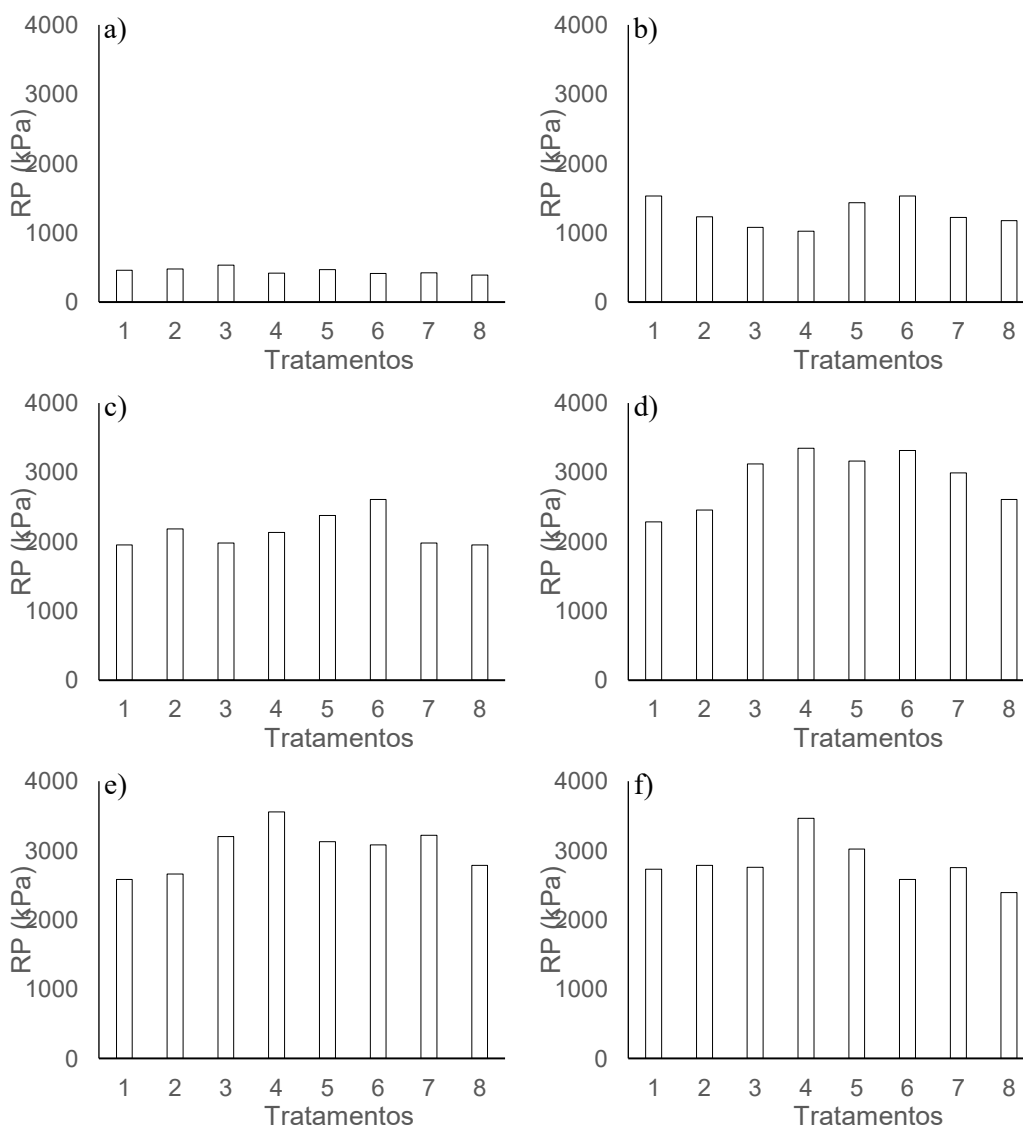
Na camada de 0,31-0,35 m (Gráfico 3-g), observou-se uma distribuição levemente uniforme dos valores de RP entre os tratamentos, com variação entre aproximadamente 2.100 e 3.000 kPa. O T4 manteve valores superiores, enquanto o T8 apresentou o menor valor.



Para a camada de 0,36-0,40 m (Gráfico 3-h), os valores de RP variaram, com o T2 apresentando o maior valor (aproximadamente 2.800 kPa) e o T8 o menor (cerca de 2.100 kPa).

Nas camadas de 0,41-0,45 m (Gráfico 3-i) e 0,46-0,50 m (Gráfico 3-j), os valores de RP apresentaram padrão similar às camadas anteriores, com variação entre aproximadamente 1.900 e 2.200 kPa.

E por fim, como nos casos anteriores, nas camadas de 0,51-0,55 m (Gráfico 3-k) e 0,56-0,60 m (Gráfico 3-l), os valores de RP permaneceram em uma faixa similar às camadas anteriores, com variação entre aproximadamente 1.500 e 2.500 kPa. O T1 apresentou o maior valor, enquanto o T8 exibiu o menor valor.



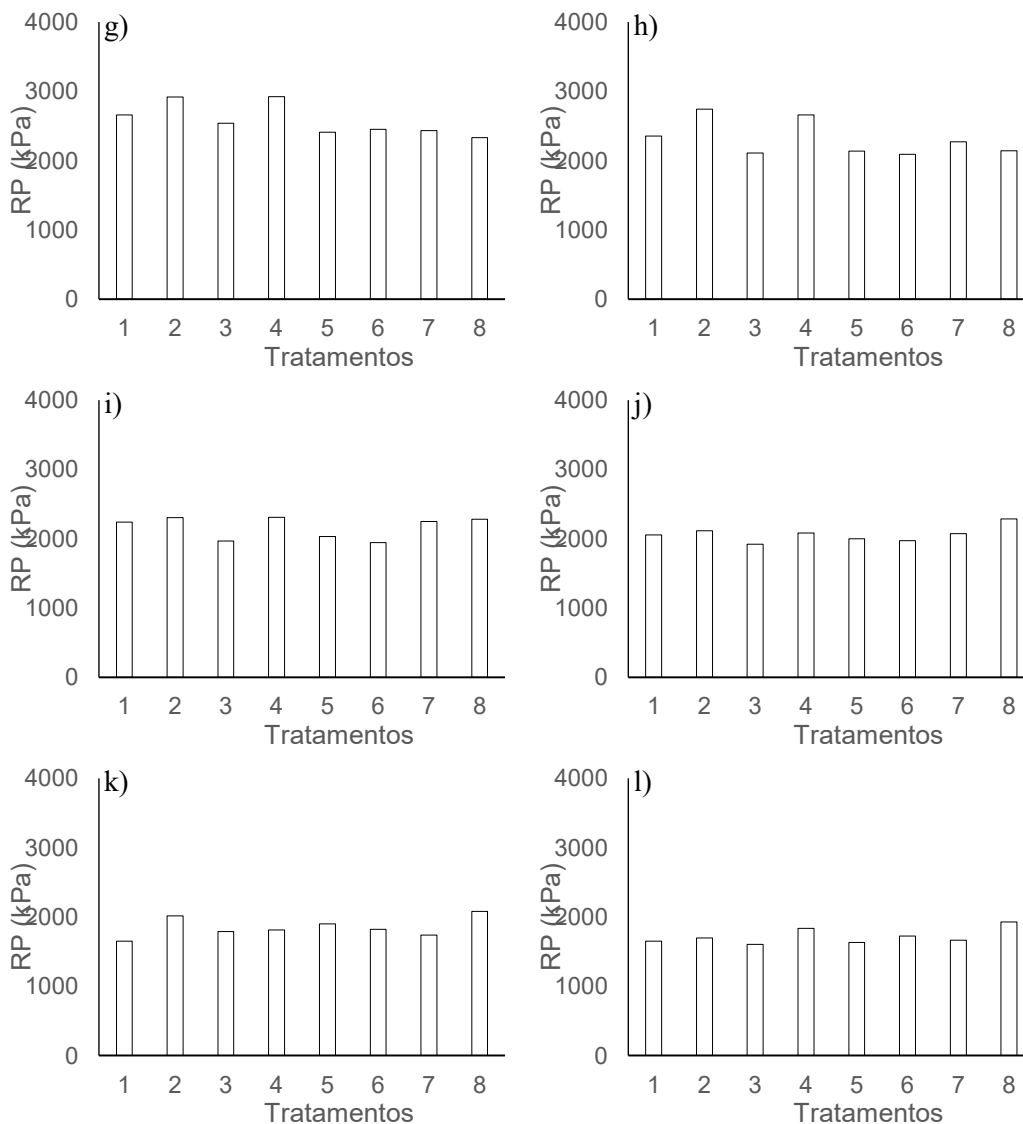


Gráfico 3: Resistência do solo à penetração (RP) após segunda avaliação nas camadas de 0,00-0,05 (a), 0,06-0,10 (b), 0,11-0,15 (c), 0,16-0,20 (d), 0,21-0,25 (e), 0,26-0,30 (f), 0,31-0,35 (g), 0,36-0,40 (h), 0,41-0,45 (i), 0,46-0,50 (j), 0,51-0,55 (k) e 0,56-0,60 m (l).

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Quanto aos tratamentos, não houve diferença estatística nas comparações até 0,60 m. Porém, uma observação geral indica que os tratamentos com maior massa aérea e de raiz (T7 e T3) podem apresentar tendência de menor RP em algumas profundidades, sugerindo um efeito positivo na estrutura do solo. Por outro lado, os tratamentos com menor biomassa (T4 e T5) podem exibir maior RP, indicando menor impacto na RP do solo.

O T7, que apresentou a maior massa aérea e de raiz, demonstrou consistentemente valores de RP mais baixos nas camadas superficiais (0,01-0,10 m) em comparação com outros tratamentos de baixa biomassa. Nas camadas mais profundas, embora a RP tenda a aumentar, o incremento é menos acentuado em comparação com tratamentos de menor biomassa, sugerindo uma melhoria na estrutura do solo ao longo do perfil. A presença de um sistema radicular robusto da crotalaria provavelmente contribuiu para a descompactação do solo, facilitando a penetração.



Semelhante ao T7, o T3, com alta produção de biomassa, também exibiu valores de RP favoráveis, especialmente nas camadas superficiais. A combinação de espécies pode ter proporcionado uma distribuição mais homogênea das raízes, otimizando a ação de “descompactação” em diferentes profundidades.

Já o T4, com as menores massas aérea e de raiz, apresentou valores de RP mais elevados em todas as profundidades, especialmente nas camadas mais profundas. Isso corrobora a observação de que a dificuldade de estabelecimento do nabo e do guandu resultou em menor impacto na estrutura do solo, levando a uma maior RP.

O T5 também se enquadra nos tratamentos de baixa biomassa e, conseqüentemente, demonstrou RP elevada. Como observado a campo, a baixa quantidade de plantas estabelecidas de guandu e crambe pode não ter sido suficiente para promover uma redução significativa da RP do solo.

O T1 e T2 apresentaram massas de biomassa intermediárias a altas e, de forma geral, exibiram valores de RP que refletem essa condição. Observa-se que a presença da crotalária em T1 e T2 pode ter mitigado os efeitos da baixa população de nabo e guandu, contribuindo para uma RP mais favorável em comparação com T4 e T5.

A RP em T6 e T8 foi influenciada pela capacidade de estabelecimento individual de cada cultura. O nabo forrageiro (T6), quando bem estabelecido, é conhecido por sua capacidade de descompactação, mas a baixa população observada pode ter limitado esse efeito. O crambe (T8) também pode ter um impacto limitado na RP se o estabelecimento for deficiente.

Em suma, os resultados obtidos neste estudo indicam que, dentre os atributos avaliados, a MSR e θ na camada de 0-0,10 m foram os únicos a apresentarem diferenças estatisticamente entre os tratamentos. No que tange à MSR, o T7 (crotalária em cultivo solteiro) destacou-se por apresentar o maior valor, sendo estatisticamente superior a outros tratamentos. Este resultado corrobora a importância do sistema radicular das plantas de cobertura na contribuição para a biomassa subterrânea do solo. Similarmente, para o teor de água volumétrico na camada superficial (0,00-0,10 m), o T6 apresentou um teor de água significativamente maior, indicando uma maior capacidade de retenção hídrica promovida por este arranjo específico. A significância estatística observada para estas variáveis sugere que os arranjos de plantas de cobertura empregados foram capazes de induzir alterações detectáveis na produção de biomassa radicular e na dinâmica da água no solo, ao menos na camada mais superficial.

Em teoria, a análise da RP por profundidade deveria reforçar a correlação entre a produção de biomassa das plantas de cobertura e a melhoria da estrutura física do solo. Esperava-se que tratamentos que promoveram maior desenvolvimento radicular e aéreo, como o T7 e o T3, tendessem a reduzir a RP, proporcionando um solo menos compactado e mais propício ao desenvolvimento radicular de culturas subsequentes. Por outro lado, a baixa biomassa, resultante de um estabelecimento deficiente das culturas, como observado nos T4 e T5, deveria resultar em maior RP, evidenciando a persistência da compactação do solo. Contudo, os dados obtidos não refletiram exatamente essa expectativa teórica, uma vez que a RP não apresentou diferenças estatísticas significativas na maioria das camadas avaliadas.

Para uma compreensão mais robusta e conclusões definitivas sobre a influência dos arranjos de plantas de cobertura na estrutura física do solo, seria interessante a realização de estudos repetidos, e talvez ao longo de anos. A aquisição de diferentes sementes de culturas implica em custos, e a comprovação da eficácia dos mixes de plantas de cobertura em auxiliar na melhoria da estrutura física do solo, bem como a identificação de diferenças



significativas entre os arranjos, demandam avaliações de longo prazo. Tais estudos permitiriam observar os efeitos cumulativos e residuais das plantas de cobertura, fornecendo evidências mais sólidas para a recomendação de práticas de manejo sustentáveis.

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou investigar a influência de diferentes arranjos de plantas de cobertura, em sistemas de mix e solteiro, sobre a MSA, MSR, Ds, θ e RP em diversas profundidades. Os resultados demonstraram que a MSR e θ na camada superficial (0,00-0,10 m) foram os únicos atributos que apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, indicando que as plantas de cobertura podem influenciar a biomassa radicular e a dinâmica hídrica do solo em curto prazo.

Embora a teoria sugira uma correlação direta entre a produção de biomassa das plantas de cobertura e a melhoria da estrutura física do solo, especialmente na redução da RP, os dados obtidos neste estudo não foram suficientes para afirmar a influência dos tratamentos sobre todos os atributos do solo de forma conclusiva.

REFERÊNCIAS

BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A., org. Methods of soil analysis: Physical and mineralogical methods. 2.ed. Madison, America Society of Agronomy, 1986. p.363-375.

BORGES, Wardsson Lustrino et al. Cobertura do solo, acúmulo de biomassa e de nutrientes em leguminosas para uso como adubo verde. 2018. Disponível em: <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-infoteca-e-doc-1102721/Description>. Acesso em: 09 jul. 2025.

CHERUBIN, Maurício Roberto et al. Guia prático de plantas de cobertura: aspectos fitotécnicos e impactos sobre a saúde do solo. 2022. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/003071892>. Acesso em: 03 out. 2024.

DE MORAES, Moacir Tuzzin et al. Benefícios das plantas de cobertura sobre as propriedades físicas do solo. Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água, p. 34-48, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Anderson-Marques/publication/320194331_Potencial_de_uso_da_analise_foliar_para_avaliao_o_status_de_N_e_P_em_pastagens_e_culturas_de_graos/links/59d444e04585150177f979c5/Potencial-de-uso-da-analise-foliar-para-avaliar-o-status-de-N-e-P-em-pastagens-e-culturas-de-graos.pdf#page=34. Acesso em: 09 out. 2024.

DE OLIVEIRA, Alexandre Alonso et al. Milho para silagem em sucessão a plantas de cobertura e *Azospirillum brasilense* em solo arenoso. Research, Society and Development, v. 11, n. 13, p. e579111336057-e579111336057, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/36057>. Acesso em: 03 out. 2024.



DOS REIS, Gilmar Pinheiro; BORSOI, Augustinho. Atributos físicos do solo, incidência de plantas daninhas e massa seca de plantas de cobertura na entressafra da soja em Latossolo Vermelho. Revista Cultivando o Saber, p. 69-76, 2020. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/1040>. Acesso em 10 out. 2024.

DOS SANTOS FERNANDES, Carlos Henrique; TEJO, Débora Perdigão; ARRUDA, Klever Márcio Antunes. Desenvolvimento do sistema de plantio direto no Brasil: Histórico, implantação e culturas utilizadas. Uniciências, v. 23, n. 2, p. 83-88, 2019. Disponível em: <https://uniciencias.pgsscogna.com.br/uniciencias/article/view/6466>. Acesso em: 02 out. 2024.

FAGUNDES, Marla Oliveira et al. Qualidade de um latossolo sob plantio convencional e sistema plantio direto no cerrado baiano, Brasil. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 10, n. 3, p. 281-297, 2019. Disponível em: <https://sustenere.inf.br/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2019.003.0024>. Acesso em: 08 out. 2024.

FORTINI, Rosimere Miranda; BRAGA, Marcelo José; FREITAS, Carlos Otávio. Impacto das práticas agrícolas conservacionistas na produtividade da terra e no lucro dos estabelecimentos agropecuários brasileiros. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 58, n. 2, p. e199479, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/YKpKxKzvwytGgHfVW3qt4ZL/?lang=pt>. Acesso em: 24 set. 2024.

REDIN, Marciel et al. Plantas de cobertura de solo e agricultura sustentável: espécies, matéria seca e ciclagem de carbono e nitrogênio. Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água, p. 7-22, 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/149123/001005239.pdf?se#page=7>. Acesso em: 22 set. 2024.

SANTOS, Ricardo Aparecido et al. Sistema de Plantio direto: conservação e manutenção da capacidade produtiva dos solos do Cerrado Goiano. Revista Sapiência: sociedade, saberes e práticas educacionais (2238-3565), v. 7, n. 2, p. 230-255, 2018. Disponível em: <http://www.revista.ueg.br/index.php/sapiencia/article/view/8198>. Acesso em: 26 set. 2024.

SILVA, Mariana Aguiar et al. Plantas de cobertura isoladas e em mix para a melhoria da qualidade do solo e das culturas comerciais no Cerrado. Research, Society and Development, v. 10, n. 12, p. e11101220008-e11101220008, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/20008>. Acesso em: 26 set. 2024.

SILVA, Mariana Aguiar et al. Sistema de plantio direto e rotação de culturas no Cerrado. Research, Society and Development, v. 11, n. 13, p. e376111335568-e376111335568, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/35568>. Acesso em: 29 set. 2024.

SIMON, Marcos Vinícius et al. O SISTEMA DE PLANTIO DIRETO COMO FATOR DO AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DAS CULTURAS. Revista Multidisciplinar de Educação



e Meio Ambiente, v. 2, n. 3, p. 30-30, 2021. Disponível em:
<https://editoraime.com.br/revistas/rema/article/view/1619>. Acesso em: 08 out. 2024.

TEDESCO, Marino José et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, 1995. 174p. Boletim técnico, v. 5, 1995. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/362494561/Analise-de-solos-plantas-e-outros-materiais-Tedesco-et-al-1995-pdf#page=87>. Acesso em: 11 jan. 2024.

TORRES, José Luiz Rodrigues et al. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho cultivado com plantas de cobertura, em semeadura direta. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 39, n. 2, p. 428-437, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/5vdth9tW6CPV7fWvYLBqqRp/?lang=pt>. Acesso em: 16 out. 2024.

WOLSCHICK, Neuro Hilton et al. Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. Revista de Ciências Agroveterinárias, v. 15, n. 2, p. 134-143, 2016. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/6514>. Acesso em: 04 out. 2024.