

PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO, CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM SUCESSÃO A PLANTAS DE COBERTURA

Katiely Aline Anshau^{1*}, Edleusa Pereira Seidel², Marcos Cesar Mottin¹, Karine Laiara Lerner³, Márcio André Francziskowski¹, Daniela Herrmann da Rocha⁴

SAP 19702 Data envio: 13/06/2018 Data do aceite: 20/09/2018
Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 17, n. 3, jul./set., p. 293-299, 2018

RESUMO - A utilização de plantas de cobertura vem ganhando espaço nos cultivos agrícolas, devido as melhorias que são capazes de proporcionar ao sistema. O trabalho teve como objetivo principal avaliar as propriedades físicas do solo e a produtividade da soja em sucessão ao milho safrinha em consórcio com diferentes plantas de cobertura. O trabalho foi conduzido na propriedade particular, localizada na Linha São João, município de Quatro Pontes (PR). O delineamento experimental utilizado foi de blocos inteiramente ao acaso, contendo quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos constituíram-se da cultura da soja semeada após cultivo de milho consorciado com *Urochloa brizantha*, *U. ruziziensis*, *Avena strigosa* (aveia-preta) e testemunha (milho solteiro). Foram avaliados os componentes de produção, a produtividade da soja na sucessão e as propriedades físicas do solo, além da avaliação de produção de matéria seca pelas plantas de cobertura que ficaram no campo após a retirada da cultura do milho. A soja cultivada em sucessão a palhada de *U. ruziziensis* produziu 33,4% a mais do que na sucessão milho solteiro. As plantas de cobertura de inverno foram capazes de promover melhorias na macroporosidade elevando-a, e na resistência à penetração do solo por meio da descompactação biológica, após o cultivo da soja. Nota-se que as plantas de cobertura favorecem as propriedades físicas do solo, além de promoverem condições satisfatórias para o pleno desenvolvimento da cultura comercial em sucessão, aumentando sua produtividade.

Palavras-chaves: *Glycine max* (L.) Merr., sistema plantio direto, adubos verdes.

ABSTRACT - The use of hedge plants has been gaining ground in agricultural crops because of the improvements they are able to provide to the system. The main objective of this work was to evaluate the soil physical properties and soybean yield in succession to the corn crop in a consortium with different cover crops. The work was conducted in the private property, located in Linha São João, municipality of Quatro Pontes (PR). The experimental design was completely randomized blocks, containing four treatments and five replicates. The treatments consisted of the cultivation of soybeans sown after cultivation of maize intercropped with *Urochloa brizantha*, *U. ruziziensis*, *Avena strigosa* (black oats) and Test (single maize). The production components, soybean yield in succession and soil physical properties were evaluated, as well as the evaluation of dry matter production by the cover plants that remained in the field after the corn crop was removed. Soybeans grown in succession to *U. ruziziensis* straw produced 33.4% more than in the single maize succession. Winter cover plants were able to promote improvements in macroporosity by raising it and resistance to soil penetration through biological decomposition after soybean cultivation. It is noticed that the cover plants favor the physical properties of the soil, besides promoting satisfactory conditions for the full development of the commercial culture in succession increasing its productivity.

Key words: *Glycine max* (L.) Merr., direct seeding system, green manures.

PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL, PRODUCTIVITY OF AGRONOMIC CHARACTERISTICS AND PRODUCTIVITY OF SOYBEAN IN SUCCESSION WITH COVERAGE PLANTS

INTRODUÇÃO

O cultivo da soja está entre as atividades econômicas com o maior potencial produtivo no agronegócio mundial, podendo-se atribuir isso a inúmeros fatores, como por exemplo, a consolidação da oleaginosa como importante fonte de proteína vegetal, especialmente

para atender demandas crescentes dos setores ligados à produção de produtos de origem animal (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2011; MOREIRA, 2013).

Apesar disso, o processo produtivo vem sendo realizado de forma insustentável e, para auxiliar na reversão do processo de degradação física dos solos, bem

¹Agrônoma(o), Mestre em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), *Campus* Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. E-mail: katy_aline@hotmail.com. *Autora para correspondência.

²Professora Dr^a, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), *Campus* Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. E-mail: edleusaseidel@yahoo.com.br.

³Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), *Campus* Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.

⁴Doutorando em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), *Campus* Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.

como evitar perdas de produtividade das culturas, são recomendadas inúmeras práticas de manejo do solo, como plantio direto, adubação verde, consorciação, rotação de culturas, dentre outras (ANDREOLA et al., 2000).

O uso do sistema de plantio direto (SPD), quando comparado ao preparo convencional do solo, apresenta inúmeras vantagens para o sistema agrícola (DONEDA, 2010), dentre as quais se destacam: revolvimento do solo apenas na linha de semeadura, manutenção dos resíduos na superfície do solo, estruturação do solo, redução do processo erosivo e consequentemente redução nas perdas de solo, água e nutrientes, resultando em melhorias na eficiência do uso de corretivos e fertilizantes, além de proporcionar melhorias significativas nas propriedades do solo (DONEDA, 2010).

A adubação verde está diretamente ligada ao SPD e, pode ser definida como o cultivo de uma espécie vegetal que após atingir seu pleno desenvolvimento vegetativo, será manejada e a sua massa será deixada sobre a superfície do solo, tendo como principal finalidade manter e/ou aumentar a quantia de matéria orgânica presente no solo, além de melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do mesmo (SOUZA et al., 2012), promover manutenção da umidade do solo, ciclagem de nutrientes, preservação do meio ambiente, entre outros (ANGHINONI, 2007).

Por meio do uso de plantas de cobertura busca-se a adequação do sistema de rotação e sucessão de culturas, sendo uma das bases fundamentais do SPD, de modo que se consiga maximizar o aporte de matéria orgânica e nutrientes ao solo, além de protegê-lo dos processos erosivos (SILVA et al., 2007; MARCELO et al., 2009). Ao realizar a diversificação de plantas em uma mesma área agrícola, explorar-se diferentes profundidades do solo, devido aos distintos sistemas radiculares que cada planta apresenta o que proporciona melhor equilíbrio dos nutrientes devido a maior reciclagem, incrementando a qualidade das propriedades químicas e físicas e atividade biológica do solo (REIS et al., 2007).

Diante desta questão, foi avaliada a hipótese de que a palhada deixada pelas plantas de cobertura promoverá melhorias nas propriedades físicas do solo (macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo e resistência do solo à penetração), e consequentemente aumentará a produtividade e componentes de produção (número de vagem por planta, massa de cem grãos, altura de plantas, plantas por metro linear) da soja quando comparada à testemunha (pousio).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em propriedade rural particular localizada na Linha São João, situada nas coordenadas geográficas 54°00'00.5"W e 24°34'12.3"S, no município de Quatro Pontes (PR, no período de 12 de fevereiro de 2014 a 10 de fevereiro de 2015, data em que foi realizada a última avaliação).

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo *Cfa*, subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e geadas pouco frequentes, tendências

à concentração das chuvas nos meses de verão e sem estação de seca definida. A temperatura média anual é de 21°C, com média mínima de 15°C e média máxima de 28°C. A precipitação média anual é em torno de 1500 mm (CAVIGLIONE et al., 2000). O solo foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, de textura argilosa (SANTOS et al., 2013).

O delineamento experimental utilizado foi blocos inteiramente ao acaso, contendo quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos utilizados foram de soja semeada em sucessão as seguintes palhadas de milho consorciado com: *Urochloa brizantha*, *U. ruziziensis*, *Avena strigosa* (aveia-preta) e testemunha (pousio). Importante ressaltar que as plantas de cobertura estavam consorciadas com o milho, o qual foi cortado para realização de silagem e as plantas de cobertura deixadas no campo para formação de cobertura, sendo a testemunha os restos culturais do milho após o corte de silagem. As parcelas foram constituídas de 10 m de comprimento e 4 m de largura, totalizando 40 m², e a disposição do delineamento experimental foi feita de forma aleatória.

A soja foi semeada no dia 03 de outubro de 2014 sob as diferentes palhadas, com semeadora Planti Center®, sendo que a variedade utilizada foi a Vtop 1059 Syngenta, com espaçamento entre linhas de 0,45m com 16 sementes/metro linear e profundidade de semeadura de 4 cm. A adubação de base utilizada foi de 250 kg ha⁻¹ de um formulado NPK (2-20-18). Antes da maturação total da soja, no estádio R6 foram avaliadas duas variáveis: altura de planta e população de plantas.

A avaliação da altura de plantas foi feita em 10 plantas por parcela e a população de plantas foi realizada em quatro repetições por parcela. Durante a condução do experimento os dados pluviométricos foram coletados, sendo apresentados na Figura 1.

Na maturação da soja (estádio R8), foram colhidas as plantas de quatro linhas centrais de 5,0 m, onde se avaliou o número de vagem por planta, a massa de cem grãos, conforme metodologia descrita na RAS (BRASIL, 1992), e a produtividade da soja, tendo sua umidade ajustada para 13%. A colheita da soja foi realizada no dia 05 de fevereiro de 2015, colhendo manualmente as linhas centrais de cada uma das parcelas, descartando-se 0,5 m das bordaduras.

A avaliação da porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), densidade do solo (Ds) e resistência do solo à penetração (Rp) foram feitas após a colheita da cultura da soja. Para isso utilizou-se um trado tipo Uhland, com cilindro metálico (anel de Kopeck) de volume conhecido (50 cm³) nas camadas 0 - 0,10, 0,10 - 0,20 m. As análises de Ma, Mi e Pt foram realizadas em mesa de tensão com potencial de -0,006 MPa (sucção leve), e a Ds pela relação entre a massa de solo seco e o volume total do solo coletado (DONAGEMA et al., 2011).

Para avaliar a resistência do solo à penetração utilizou-se um penetrômetro de impacto e a fórmula dos Holandeses, sugerida por Stolf (1991), como a que melhor representa a resistência do solo, e para determinação da

umidade gravimétrica do solo foram coletadas uma amostra em cada tratamento nas profundidades de 0,0-0,10 m e 0,10-0,20 m, sendo a umidade média obtida de 0,20 kg kg⁻¹ ou 20%, sendo utilizado método padrão da estufa (DONAGEMA et al., 2011)

Todos os dados obtidos foram submetidos à análise de variância considerando um nível de significância de 5% para o teste F. Quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, utilizando o software estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2011).

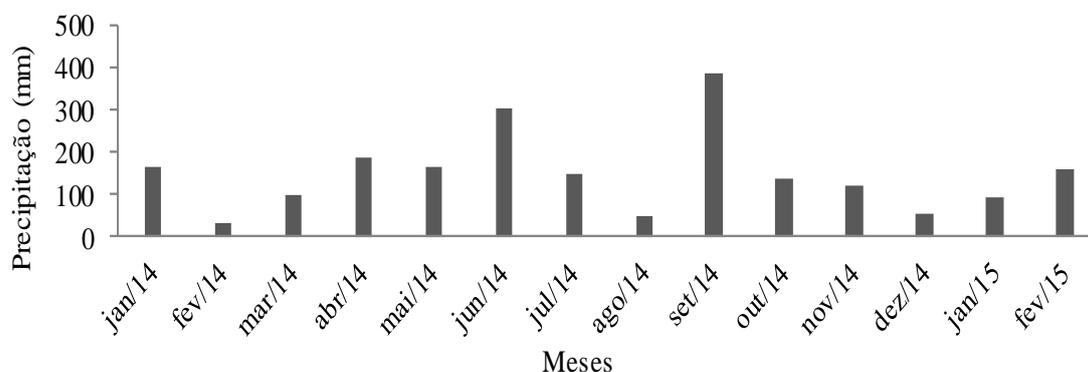


FIGURA 1 - Precipitação acumulada mensal durante o período de condução do experimento. Fonte: Agrícola Horizonte Ltda., Quatro Pontes (PR).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme Figura 1, observou-se tanto para as plantas de cobertura como para a cultura da soja, um bom regime de chuva no início do desenvolvimento das plantas, porém no momento de formação de vagem e enchimento de grãos da soja houve um pequeno período de déficit hídrico, não representando uma estiagem. Mas este fato pode ter contribuído para a menor produtividade observada na testemunha.

Referente aos resultados de biomassa seca das plantas de cobertura, apresentados na Tabela 1, observou-

se que a aveia preta (*Avena strigosa*), juntamente com a *Urochloa ruziziensis* tiveram a maior produção de biomassa seca (3,0 e 2,7 t ha⁻¹, respectivamente), e as braquiárias igualaram-se na produção de biomassa seca aportada ao solo. Observou-se ainda que a testemunha (apenas plantas espontâneas) obteve 0,8 t ha⁻¹ de biomassa seca, sendo a menor produção (Tabela 1). Ao compararmos a produção de massa seca da aveia que foi aportada ao solo em relação à testemunha houve um aumento de 29,5%.

TABELA 1 - Resultados médios para a massa seca das plantas de cobertura (t ha⁻¹).

Tratamentos	Biomassa seca das plantas de cobertura
<i>Urochloa ruziziensis</i>	2,7 ab*
Aveia	3,0 a
<i>Urochloa brizantha</i>	2,3 b
Testemunha	0,8 c

*Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Os resultados obtidos neste trabalho comprovam a afirmação de Floss (2002), de que a aveia preta se destaca dentre as culturas utilizadas em produção de biomassa seca para formação de palhada e corroboram com os resultados encontrados por Doneda et al. (2012), que observou a produção de biomassa seca da aveia de 3,3 t ha⁻¹.

Com base nos resultados referentes à altura de planta, número de vagem por planta e biomassa de cem grãos e a produtividade (Tabela 2), observou-se que não houve efeito para o número de plantas por metro linear, mostrando que não houve influência das diferentes palhadas na germinação e no desenvolvimento inicial das plântulas. Para as demais variáveis, as diferentes palhadas

influenciaram nos resultados. Maiores alturas de plantas de soja (81,18 e 78,78 cm) foram observadas quando cultivada na sucessão a palhada de *Urochloa ruziziensis* e *Avena strigosa* (Tabela 2).

A soja cultivada em sucessão a *Urochloa ruziziensis* destacou-se dos demais tratamentos para as variáveis: número de vagens por planta, massa de cem grãos e produtividade. Neste tratamento o número de vagens e a massa de cem grãos foram superiores a obtida na sucessão milho solteiro em 30,8% e 20,5% respectivamente (Tabela 2).

De acordo com a Tabela 2 a maior produtividade de soja (3,90 t ha⁻¹) foi obtida na sucessão *Urochloa*

ruziziensis; e a menor, na soja em sucessão ao milho solteiro (2,92 t ha⁻¹). Portanto, a soja cultivada em sucessão a palhada de *U. ruziziensis* produziu 33,4% a mais do que na sucessão milho solteiro. Essa redução da produtividade pode estar relacionada a problemas de aeração do solo na testemunha, devido à baixa Ma encontrada nesse tratamento. Não houve diferença

significativa para a produtividade entre a aveia e a testemunha.

No momento de formação de vagem e enchimento de grãos houve um pequeno período de déficit hídrico (Figura 1), e a permanência de cobertura vegetal sobre o solo, promovida pelo sistema de plantio direto pode ter contribuído para minimizar os efeitos dos veranicos na produtividade final da cultura (Tabela 2).

TABELA 2 - Resultados médios para os componentes de produção da soja: altura de planta (cm), população de plantas, vagem por planta, peso de cem grãos e produtividade, sob as diferentes palhadas, safra 2014/2015.

Tratamentos	Altura das plantas (m)	Plantas por metro linear	Vagem/planta	Biomassa de cem grãos	Produtividade (t ha ⁻¹)
<i>U. ruziziensis</i>	81,18 a*	12,8 a	51,8 a	14,64 a	3,90 a
Aveia	78,78 a	12,0 a	42,8 b	12,88 b	2,97 b
<i>U. brizantha</i>	69,16 b	11,4 a	42,8 b	13,30 b	3,17 ab
Testemunha	66,71 b	11,4 a	39,6 c	12,14 b	2,92 b

*Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Corroborando com o presente trabalho, Alves et al. (2013), ao avaliar a produtividade da soja em sucessão ao milho consorciado com diferentes espécies de braquiária relatou que o cultivo de soja após os tratamentos de outono-inverno apresentou a maior produtividade no consórcio.

O resultado da variável massa de cem grãos foi semelhante ao obtido para a produtividade total, onde a maior biomassa de cem grãos (14,64 g) foi observada no tratamento com *Urochloa ruziziensis* e os demais tratamentos não diferiram entre si (Tabela 2). Esses resultados são coerentes, pois o peso de cem grãos está diretamente relacionado com a produtividade total da cultura e também está estreitamente relacionado com o número total de vagens o qual apresentou variação semelhante.

Analisando as propriedades físicas solo após o cultivo da soja, é possível afirmar que houve efeitos significativos ($p < 0,05$) das palhadas das plantas de cobertura de inverno após cultivo de soja para macroporosidade, porosidade total e densidade do solo, mas, não houve interação entre os tratamentos e as profundidades avaliadas.

O cultivo da soja sob palhada de *Urochloa ruziziensis* promoveu aumento na macroporosidade do solo, tanto na profundidade de 0,0 a 0,10 m como de 0,10 a 0,20 m em comparação a soja cultivada em sucessão ao milho solteiro. Este aumento foi em média de 112%. Apesar desse aumento significativo, é importante ressaltar que os valores ainda estão abaixo do considerado ideal (Tabela 3), que de acordo com Seidel et al. (2015) é de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e quando abaixo disso podem ser restritivos ao desenvolvimento radicular das plantas devido à limitação do desenvolvimento radicular, pela reduzida taxa de difusão de gases no solo e pela dificuldade de drenagem do excesso de água das chuvas.

Ao observar os valores obtidos para produtividade da cultura da soja (Tabela 2) não se notou prejuízos para os tratamentos onde foi feito uso de plantas de cobertura,

mesmo com os valores de Ma abaixo do considerado ideal. A influência da adubação verde sobre as características físicas do solo pelo fato de as mesmas proporcionarem maior acúmulo de material vegetal aportado ao solo, o que eleva os teores de MOS, e favorece o aumento da estabilidade de agregados, da porosidade e da capacidade de retenção de umidade (GAZOLLA et al., 2015).

As plantas de cobertura desempenham um papel de protetoras do solo proporcionando melhorias principalmente na densidade e macroporosidade (FERREIRA et al., 2000), como observado na Tabela 3. A microporosidade do solo não apresentou diferença significativa entre os cultivos sobre as diferentes palhadas, podendo-se afirmar que para que ocorram modificações expressivas nessa propriedade física do solo, são necessários mais do que um ano de cultivo. Para porosidade total do solo, o tratamento com *Urochloa ruziziensis* destacou-se dos demais, o que se deveu ao aumento significativo na macroporosidade do solo após o cultivo da soja.

Sanchez (2012), em trabalho semelhante, usando outras plantas de cobertura observou aumento na macroporosidade nas camadas de 0,10 a 0,20 m, demonstrando que as culturas de inverno atuaram promovendo alterações neste atributo físico do solo. Chioderoli et al. (2012), também observou aumento na macroporosidade do solo após cultivo da soja em sucessão ao de milho consorciado com forrageiras (braquiárias).

A densidade do solo foi maior no tratamento testemunha, ou seja, onde não havia palhada sobre o solo, estando o valor na camada 0-10 m no limite crítico para solos argilosos, que é de $1,45 \text{ mg m}^{-3}$ (REICHERT et al., 2003), e na camada 0-20 m está também alcançando o valor crítico. O tratamento com *Urochloa ruziziensis* destacou-se, tendo menor valor de densidade do solo, quando comparado com o tratamento testemunha nas duas profundidades avaliadas (Tabela 3).

Tormena et al. (2002), afirmam que a longo prazo, é possível que o acúmulo de matéria orgânica pelo

uso contínuo de plantas de cobertura junto com a redução no tráfego proporcionada pelo sistema de plantio direto contribuíam para reduzir a densidade do solo.

Ao avaliar a RP constatou-se que não houve efeito isolado do manejo anterior sobre esta propriedade.

Todavia, houve efeito isolado para profundidade e para a interação profundidade e manejo de inverno. Importante ressaltar que a umidade gravimétrica do solo quando foi feita a avaliação foi de 0,20 kg kg⁻¹ ou 20%.

TABELA 3 - Resultados médios para as propriedades físicas do solo após o cultivo da soja sob diferentes palhadas, safra 2014/2015, nas profundidades de 0-0,10 e 0,10-0,20 m.

Tratamentos	Macroporosidade (m ³ m ⁻³)	Microporosidade (m ³ m ⁻³)	Porosidade Total (m ³ m ⁻³)	Densidade do solo (mg m ³)
<i>Urochloa ruziziensis</i>	0,0943 a*	0,5037 a	0,6024 a	1,33 a
Aveia	0,0642 b	0,5724 a	0,5318 ab	1,37 a
<i>Urochloa brizantha</i>	0,0710 ab	0,5702 a	0,5329 ab	1,36 a
Testemunha	0,0445 b	0,5588 a	0,4946 b	1,43 b
Profundidades (m)				
0,0 - 0,10	0,0699 a	0,4763 a	0,5462 a	1,36 a
0,10 - 0,20	0,0671 a	0,4762 a	0,5346 a	1,38 a

*Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Na Figura 2 observa-se que os menores valores RP foram constatados na profundidade de 0,0 a 0,10 m, sendo que abaixo desta, o solo encontra-se muito compactado. Ao analisar as profundidades dentro de cada

tratamento, a *Urochloa brizantha* apresentou menores valores de RP quando comparado ao tratamento com *U. ruziziensis*, e igualando-se estatisticamente aos tratamentos com aveia preta e testemunha, na camada de 0,0 a 0,10 m.

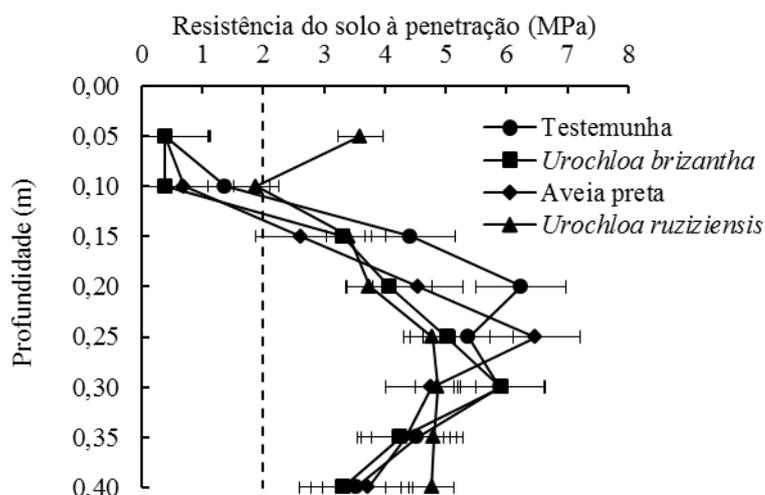


FIGURA 2 - Resistência do solo a penetração após cultivo de soja semeada sob palhada de diferentes plantas.

Segundo FOLONI et al. (2006), o sistema radicular das plantas é capaz de promover alterações benéficas no solo pela capacidade de penetrar camadas com alta resistência mecânica a penetração, e após a decomposição, deixam canais que favorecem a infiltração de água e difusão de gases, melhorando a qualidade física do solo para as culturas subsequentes.

Constatou-se que até a profundidade de 0,15 m a aveia apresentou a menor RP, e não diferiu das demais plantas consorciadas, somente da testemunha. Desta forma, verifica-se que as plantas de cobertura foram eficientes em promover melhorias nesta propriedade física. Maior RP (6,24 MPa) foi obtida na profundidade de 0,20 m na área em que a soja foi cultivada sob pousio (testemunha), estando muito acima do valor crítico de 2 MPa (SILVA et al., 2002).

CONCLUSÕES

A semeadura da soja sobre palhada de plantas de cobertura mostra-se eficiente, e capaz de promover aumento na produtividade da cultura e também na macroporosidade e porosidade total do solo em curto período de tempo.

A maior altura de plantas, número de vagem por planta e massa de cem grãos foi observado na soja cultivada em sucessão a palhada de *Urochloa ruziziensis*.

A soja cultivada em sucessão a palhada de *Urochloa ruziziensis* produziu 33,4% a mais do que na sucessão da testemunha.

A relação macroporosidade/microporosidade foi melhorada após o cultivo da soja, principalmente nos tratamentos com braquiárias, tanto na profundidade 0-0,10 m, como 0,10-0,20 m.

REFERÊNCIAS

- ALVES, V.B.; PADILHA, N. S.; GARCIA, R.A.; CECCON, G. Milho safrinha consorciado com *Urochloa ruziziensis* e produtividade da soja em sucessão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.3, p.280-292, 2013.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.4, p.867-874, 2000.
- ANGHINONI, I. **Fertilidade do solo e seu manejo no sistema plantio direto**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS, cap.6, p.873-928, 2007.
- BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.C.; PEREIRA F.I.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**, v.25, n.1, p.167-177, 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, 1992. 365p.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agronômico. 77p. (IAC. Boletim técnico, 106), 2009.
- CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000.
- CHIODEROLI, C.A.; MELO, L.M.M.; GRIGOLLI, P.J.; SILVA, J.O.R.; CESARIN, A.L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Engenharia Agrícola**, v.16, n.1, p.37-43, 2012.
- DONEDA, A. **Plantas de cobertura de solo consorciadas e em cultivo solteiro: decomposição e fornecimento de nitrogênio ao milho**. 2010. 79p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.
- DONEDA, A.; AITA, C. GIACOMINI, S.J.; MIOLA, E.C.C.; GIACOMINI, D.A.; SCHIRMANN J.; GONZATTO, R. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.6, p.1714-1723, 2012.
- DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B.; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. (Org.). **Manual de métodos de análise do solo**. 2a. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).
- FERREIRA, R.R.M.; TAVARES, J.; FERREIRA, V.M. Effects of pasture system management on physical properties. **Semina**, Ciências Agrárias, v.31, n.4, p.913-932, 2010.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FLOSS, E.L. Aveia, um sustentáculo do sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, v.72, n.69, p.14-18, 2002.
- FOLONI, J.S.S.; LIMA, S.L.; BULL, L.T. Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.1, p.49-57, 2006.
- GAZOLLA, P.R.; GUARESCHI, R.F.; PERIN, A.; PEREIRA, M.G.; ROSSI, C.Q. Frações da matéria orgânica do solo sob pastagem, sistema plantio direto e integração lavoura-pecuária. **Semina**, v.36, n.2, p.693-704, 2015.
- HIRAKURI, M.H.; LAZZAROTTO, J.J. **Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro**. EMBRAPA/CNPS, Londrina, 2011. 68p.
- MARCELO, A.V.; CORÁ, J.E.; FERNANDES, C.; MARTINS, M.D.R.; JORGE, R.F. Crop sequences in no-tillage system: Effects on soil fertility and soybean, maize and rice yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.2, p.417-428, 2009.
- MOREIRA, M.G. **Soja: análise da conjuntura agropecuária**. Secretaria da Agricultura e Abastecimento, Departamento de Economia Rural, 2013. 17p. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/>>. Acesso: 22 abr. 2018.
- RAIJ, B.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico, 2001, 284p.
- REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência Ambiental**, v.27, n.1, p.29-48, 2003.
- REIS, G.N.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, R.P.; GERLACH, J.R.; CORTEZ, J.W.; GROTTA, D.C.C. Decomposição de culturas de cobertura no sistema plantio direto, manejadas mecânica e quimicamente. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.27, n.1, p.194-200, 2007.
- SANCHEZ, E. **Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno**. 2012. 59p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava, 2012.
- SANTOS, H.G.; ALMEIDA, J.A.; LUMBRENAS, J.F.; ANJOS, L.H.C.; COELHO, M.R.; JACOMINE, P.K.T.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, V.A. EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA/CNPS, 2013, 353p.
- SEIDEL, E. P.; MATTIA, V.; MATTEI, E.; CORBARI, F. Produção de matéria seca e propriedades físicas do solo na consorciação milho e braquiária. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.14, n.1, p.18-25, 2015.

SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; IMHOFF, S. Intervalo hídrico ótimo. In: MORAES, M.H.; MÜLLER, M.M.L.; FOLONI, J.S.S. **Qualidade física do solo: métodos de estudo-sistemas de preparo e manejo do solo**. Jaboticabal: Funep, p.1-18, 2002.

SILVA, A.A.; SILVA, P.R.D; SUHRE, E.; ARGENTE, G.; STRIEDER, M.L.; RAMBO, L. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Revista Ciência Rural**, v.37, n.4, p.928-935, 2007.

SOUZA, C.M.; PIRES, F.R.; PARTELLI, F.L.; ASSIS, R.L. **Adubação verde e rotação de culturas**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmula de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, n.3, p.229-235, 1991.

TORMENA, C.A; BARBOSA, M.C.; COSTA, A.C.S.; GONÇALVES, C.A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, v.59, n.4, p.795-801, 2002.