

PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO NA CONSORCIAÇÃO MILHO E BRAQUIÁRIA

Edleusa Pereira Seidel^{1*}; Vinícius Mattia²; Eloisa Mattei²; Fabio Corbari²

SAP 8226 Data envio: 28/05/2013 Data do aceite: 25/11/2013
Scientia Agraria Paranaensis – SAP; ISSN: 1983-1471
Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 1, jan./mar., p. 18-24, 2015

RESUMO - O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito do consórcio de milho com braquiária (*Brachiaria ruziziensis*), na produção de matéria seca para manutenção do sistema de plantio direto, bem como nas propriedades físicas do solo. O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2010/2011, na Fazenda São Salvador, Localizada no município de Toledo, PR. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com dez repetições. Os tratamentos consistiram de dois sistemas de cultivo de milho: milho solteiro e milho consorciado com *B. ruziziensis*. Cada parcela teve uma área de 100 m². Foi determinada a produção de matéria seca utilizando um quadrado metálico com área conhecida (0,25 m²) que foi disposto alternadamente na linha e na entrelinha da cultura do milho e toda a matéria seca contida no seu interior foram recolhidos e colocados em sacos. Para análise da densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total, foram coletadas amostras indeformadas em anéis volumétricos em três profundidades. Determinou-se também a resistência do solo à penetração. Os resultados demonstram que o consórcio de braquiária com milho influenciou na quantidade de matéria seca produzida. O consórcio de milho e *B. ruziziensis* em sistema de plantio direto promoveu um incremento de 40 % na produção de massa seca total depositada sobre o solo, quando comparado com a cultura solteira. O consórcio de milho com *Brachiaria*, em um único cultivo, não promoveu melhorias nas propriedades físicas do solo. O cultivo do milho em sistema de plantio direto solteiro ou consorciado com *B. ruziziensis* não alterou a resistência mecânica do solo à penetração que se apresentou acima de 2 Mpa em todas as profundidades estudadas neste trabalho.

Palavras-chave: integração lavoura-pecuária, matéria orgânica, densidade do solo, porosidade do solo, resistência mecânica do solo à penetração.

Dry matter production and physical properties of soil in corn intercropping and pasture

ABSTRACT - The present work was conducted with objective of evaluate the effect of corn - *Brachiaria (Brachiaria ruziziensis)* intercropping in dry matter production for maintenance of no-tillage system, as well as the physical properties of the soil. The experiment was conducted in the agricultural year 2010/2011, at São Salvador farm, located in the City of Toledo, Paraná State. The experimental design was randomized blocks with ten repetitions. The treatments consisted of two corn cropping systems: single corn and corn associated with *B. ruziziensis*. Each plot had an area of 100 m². It was determined the dry matter production using a metallic square with an area of 0.25 m² that was alternately disposed in the row and between rows of corn, and all the dry matter contained therein were collected and placed in bags. For determination the soil bulk density, macroporosity, microporosity and total porosity, soil samples were collected at three depths in soil core. Was also determined the soil resistance to penetration. The results demonstrated that the consortium of pasture with corn influence the amount of dry matter produced. The results demonstrated that the consortium of pasture with corn influence the amount of dry matter produced. The consortium of corn and *B. ruziziensis* in no-tillage system caused a 40% increase in total dry mass deposited on the soil, when compared with single culture. The consortium corn - *Brachiaria*, on a single crop, did not promote improvements in soil physical properties. The corn crop in single or intercropped with *B. ruziziensis* in no-tillage system did not alter the mechanical soil resistance to penetration that showed up 2 MPa at all depths studied in this work.

Key words: agriculture-pasture integration, organic matter, bulk density, soil porosity, resistance to penetration.

¹Doscente do Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Rua Pernambuco 1777, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon, PR. E-mail: edleusa.seidel@unioeste.br. *Autor para correspondência

²Discente do Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.

INTRODUÇÃO

A agricultura de baixo carbono tem sido amplamente difundida em nosso meio, sendo o aumento de área cultivada no sistema de plantio direto (SPD) um de seus objetivos. Este sistema conservacionista de solo é o mais utilizado no País. Segundo o levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2013), a área brasileira cultivada com grãos na safra 2011/12 foi de 52,0 milhões de hectares (ha) e segundo a estimativa da Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, a área cultivada com o Sistema Plantio Direto (SPD) na safra 2011/2012, foi de aproximadamente 31,8 milhões de ha (FEBRAPDP, 20013), atingindo 61,15% da área cultivada com grãos.

Este sistema quando manejado adequadamente permite um acréscimo de matéria orgânica no solo devido à menor taxa de decomposição da palha mantida na superfície do solo (FERREIRA et al., 2011; AMADO et al., 2001). Este aumento nos estoques de matéria orgânica é dependente de vários fatores como: quantidade de palha, tipo de rotação de cultura adotada, grau de revolvimento do solo, clima da região e doses de fertilizantes aplicadas nas lavouras, (MACHADO; SILVA, 2001).

O aumento da matéria orgânica do solo em solos agrícolas é desejável porque incrementa a qualidade do solo (CONCEIÇÃO et al., 2005; LOSS et al., 2011), promovendo a agregação do solo, com reflexos positivos na infiltração da água (LANZANOVA et al. 2007), diminuindo o escoamento superficial e finalmente, ainda pode complexar moléculas químicas adicionadas pelos agroquímicos (MIELNICZUK, 2008; PAVINATP; ROSELEM, 2008) e aumentar a biodiversidade de organismos no solo favorecendo toda a cadeia biológica (BELL et al., 2007; SANTOS et al., 2008).

Esse aumento da matéria orgânica pode ser obtido com a utilização de culturas que permitam um elevado aporte de matéria seca na superfície do solo em quantidade e qualidade suficientes. De acordo com Salton (1999), as culturas de safrinha outono/inverno são fundamentais para a implantação e viabilização do sistema de plantio direto por proporcionarem cobertura permanente do solo, rotação de culturas, diversificação de receitas e diluição dos riscos. Artigos técnicos relatam falhas na implementação do plantio direto (DENARDIN et al., 2008a) ou limitações ao sucesso do sistema relacionadas as condições sócioeconômicas e climáticas em que é implementado (GILLER et al., 2009). A principal característica física do solo afetada pela matéria orgânica é a agregação. A partir do seu efeito sobre a agregação do solo, indiretamente são afetadas as demais características físicas do solo, como a densidade, a porosidade, a aeração, a capacidade de retenção a infiltração de água (BALBINO et al., 2004), resistência a penetração (IMHOFF et al., 2000).

O reduzido aporte de matéria seca compromete a estabilidade da produção agrícola, principalmente com frustrações de safra motivadas por pequenos períodos de déficit hídrico. De acordo com Stone et al. (2002) e Denardin et al. (2008b), é frequente a observação de alterações na estrutura de solos sob sistema direto mal

manejados perceptíveis pelo aumento da densidade do solo, diminuição da macroporosidade e restrição ao desenvolvimento de raízes e ao movimento vertical de água.

Uma prática que tem contribuído na formação da palhada para o SPD devido à boa produção e massa seca e à alta relação C/N de sua composição é o cultivo consorciado do milho com forrageiras tropicais em especial espécies do gênero *Brachiaria* spp. (KLUTHCOUSKI et al., 2003; NUNES et al., 2006; CUNHA et al., 2007; MACEDO, 2009). Diversas pesquisas evidenciam a importância do consórcio para manter o solo coberto com plantas vivas e/ou mortas, mantendo desta forma o aporte de matéria orgânica ao solo (FREITAS et al., 2005; JAKELAITIS et al., 2005; SEVERINO et al., 2006).

Segundo Macedo (2009), as plantas forrageiras, principalmente as dos gêneros *Brachiaria* spp. e *Panicum* spp., apresentam capacidade de reestruturar o solo, por meio de seu sistema radicular, fornecendo condições favoráveis à infiltração e retenção de água e ao arejamento. A parte aérea das plantas protege o solo, evitando perdas por erosão e possibilitando também a diminuição das temperaturas diárias mais altas e menores perdas de água por evaporação, propiciando assim melhores condições ao desenvolvimento de micros e mesoorganismos.

A principal característica física do solo afetada pela matéria orgânica é a agregação. A partir do seu efeito sobre a agregação do solo, indiretamente são afetadas as demais variáveis físicas do solo como: densidade, porosidade, aeração, capacidade de retenção, infiltração de água (BALBINO et al., 2004) e resistência à penetração (IMHOFF et al., 2000).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do consórcio milho-braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) na produção de matéria seca para manutenção do SPD e nas variáveis físicas do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2010/2011, na Fazenda São Salvador, Localizada no Município de Toledo, PR. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Eutroférrico (LVef) (EMBRAPA, 2006), sendo de textura muito argilosa (740 g kg⁻¹ de argila; 50 g kg⁻¹ de areia e 210 g kg⁻¹ de silte. A área utilizada no experimento vem sendo cultivada a mais de 20 anos no sistema de plantio direto.

Antes da implantação do experimento foram coletadas amostras de solos na profundidade de 0-0,20 m para determinação das características químicas. As análises foram realizadas segundo metodologia de Raij et al. (2001). O solo apresentou as seguintes características químicas: pH CaCl₂ 5,0 mol L⁻¹; MO 2,734 g dm⁻³; Al³⁺ 0,10 cmol_c dm⁻³; H⁺ + Al³⁺ 4,30 cmol_c dm⁻³; P 14,21 mg dm⁻³; K 0,54 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ 4,89 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ 2,06 cmol_c dm⁻³; S = 7,49 cmol_c dm⁻³ e V% 63,52.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso. Os tratamentos consistiram de dois sistemas de cultivo de milho: milho solteiro e milho consorciado com

Brachiaria ruziziensis, com dez repetições. Cada parcela teve uma área de cem metros quadrados.

A semeadura do milho foi realizada mecanicamente com uma semeadora de plantio direto no mês de fevereiro de 2010, utilizando o cultivar AG 9010 Bt. O espaçamento nas entrelinhas foi de 0,90 m, semeando 4,2 sementes por metro, o que resultou em um estande de 60.000 plantas de ha⁻¹. A adubação de base utilizada foi de 300 kg ha⁻¹ de um formulado 10-20-20 de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. A adubação de cobertura foi realizada com 100 kg ha⁻¹ de uréia, quando as plantas de milho apresentaram quatro a seis folhas plenamente expandidas.

A *Brachiaria ruziziensis* foi semeada mecanicamente no mesmo dia da semeadura do milho, em 15/2/2010. O valor cultural da semente de braquiária era de 42%, e a densidade de semeadura utilizada foi de 8 kg ha⁻¹. A colheita do milho foi realizada mecanicamente no dia 20/7/2010. Dez dias após a colheita da cultura do milho foi avaliada a produção de matéria seca na superfície do solo. Para determinar a produção de matéria seca foi utilizado um quadrado metálico com área conhecida de 0,25 m² que foi disposto alternadamente na linha e na entrelinha da cultura do milho e toda a matéria seca contida no seu interior foram recolhidos e colocados em sacos de papel. No laboratório o material foi pesado e levado para estufa com ventilação forçada de ar 65 °C até peso constante.

Após a colheita do milho, antes de fazer a dessecação foram realizadas as coletas para análises físicas do solo. Foram coletadas amostras indeformadas na profundidade de 5-0,10; 0,10-0,15 e 15-0,20 m. Em cada tratamento foram coletadas dez amostras na linha e na entrelinha em cada profundidade. As amostras indeformadas foram saturadas por 48 horas em bandeja com água até dois terços da altura do anel. Após o período de saturação as amostras foram drenadas no potencial equivalente a -0,006 MPa utilizando uma mesa de tensão. Os macroporos foram estimados como a diferença entre o

teor de água do solo saturado e o teor de água do solo após aplicação do potencial de -0,006 MPa. O volume de microporos calculado como sendo o teor de água retido no mesmo potencial. A porosidade total a soma da macroporosidade e microporosidade. A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico, em que as amostras foram secas em estufa a ±105 °C por 24 horas (EMBRAPA, 1997).

A resistência do solo à penetração foi realizada utilizando-se de um penetrômetro de impacto (STOLF et al., 1983). Os dados foram coletados aleatoriamente dentro de cada tratamento. Os resultados obtidos em impactos dm⁻¹ foram convertidos para resistência do solo à penetração (RP), por meio da Equação:

$$RP \text{ (kgf cm}^{-2}\text{)} = 5,6 + 6,89 N \text{ (impactos dm}^{-1}\text{)} \text{ (Eq. 1)}$$

Para conversão da RP em kgf cm⁻² para MPa, multiplicou-se o resultado obtido pela Eq. 1 pela constante 0,098.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado para fazer as análises de variância foi o SISVAR (FERREIRA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise variância constatou-se que o consórcio de braquiária com milho safrinha influenciou na quantidade de matéria seca produzida (Tabela 1). A produção média estimada de matéria seca do milho consorciado, logo após a colheita, foi de 8.800 kg ha⁻¹, enquanto do milho solteiro cultivado em sistema de plantio direto foi de 6.280 kg ha⁻¹, ou seja, houve um incremento de 40 % (2.520 kg ha⁻¹) na produção de matéria seca com o consórcio. Este resultado é semelhante os obtidos por Cruz et al. (2008), que obteve a produção de massa seca de *Brachiaria decumbens* de 2.579 kg ha⁻¹ aos 127 dias após a semeadura.

TABELA 1. Resumo da análise variância para a produção de matéria seca de milho cultivado solteiro e consorciado com *Brachiaria ruziziensis* em sistema de plantio direto.

Fonte de variação	Grau de Liberdade	QM	F
Tratamento	1	21444.7005	0.0116**
Bloco	9	1790.3816	
Resíduo	9		
CV	24,43		

** Nível de significância p<0,01.

Considerando que na matéria seca (MS) da cultura do milho o percentual de carbono orgânico (C) é de 40 % (AITA et al., 1994; SPAGNOLLO et al., 2002); considerando a contribuição do sistema radicular na adição de C equivalente a 30% do C adicionado pela parte aérea das culturas (BOLINDER et al., 1997; KISSELE et al., 2001); então, o consórcio de milho com *Brachiaria* adicionaram no total 1764 kg ha⁻¹ de C a mais do que o milho solteiro.

O consórcio de milho com *Brachiaria* além de fornecer grande quantidade de massa seca, que é fundamental para o SPD, apresentam alta relação carbono/nitrogênio (C/N), retardando a velocidade de decomposição da palha (TIMOSSI et al., 2007). Esta maior produção de matéria seca, certamente, resultará em maior proteção do solo contra erosão e radiação (SILVA et al. 2008; BRAMBILLA et al., 2009), o que resultará em uma redução na infestação de plantas daninhas

(SEVERINO et al., 2006; IKEDA et al., 2007ab), dentre outros benefícios já mencionados anteriormente.

Segundo Lovato et al. (2004), para manter os teores de matéria orgânica do solo nas condições do Rio Grande do Sul, a adição anual de palha não devem ser inferior a 8,0 t ha⁻¹. Enquanto para Bayer (1996) e Fiorin (1999), citados por Amado (2001), a adição anual de palha para o plantio direto na região de cerrado deve ser de 10 a 12 t ha⁻¹. Estima-se que a produção média de matéria seca do milho no inverno seja de 4,5 t ha⁻¹ e na cultura do trigo esta produção é de 6 t ha⁻¹. No verão a produção de palhada para a cultura do milho é de 6,0 a 7 t ha⁻¹.

Corroborando com os resultados Costa et al.

(2008), Pereira et al. (2010), Chioderoli et al. (2010), e Loss et al. (2011) também constataram um balanço positivo de C no solo em sistemas de cultura com alta adição de resíduos vegetais ricos em C e N cultivadas em plantio direto.

Na análise de variância para as propriedades físicas do solo observa-se que a macroporosidade foi influenciada pelo consórcio ($p < 0,05$), e pela profundidade de amostragem. As variáveis microporosidade, porosidade total, densidade e resistência do solo à penetração não foram influenciadas pelo manejo adotado no sistema; mas houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as profundidades de amostragem (Tabela 2).

TABELA 2. Resumo da análise de variância para macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo após consórcio de milho com *Brachiaria ruziziensis*.

FV	GL	Ma	Mi	PT	Ds	RP
Bloco	9	8.945440	6.592641 ^{ns}	15.663361 ^{ns}	0.016782 ^{ns}	20.447086*
Trat.	1	49.504167*	14.425607	4.687215 ^{ns}	0.004335 ^{ns}	2.801147 ^{ns}
Erro A	9	8.853278	15.692751	12.606737	0.20398	5.424502 ^{ns}
CV (%)		24,32	9,0	6,72	10,21	23,6
Prof.	2	194.362922**	14.413865	255.7465**	0.355532**	45.03117**
Trat. x Prof.	2	6.903272	12.650762	15.16173 ^{ns}	0.023955 ^{ns}	2.262363 ^{ns}
Erro B	36	5.266013	8.696654	8.848132	0.02008	2.802025 ^{ns}
CV (%)		26,95	6,70	5,63	10,11	20,23

*,** Nível de significância $p < 0,05$ e $p < 0,01$ respectivamente; ^{ns} não significativo.

TABELA 3. Valores médios para macroporosidade, porosidade total e densidade do solo após cultivo de milho solteiro e milho consorciado com *Brachiaria ruziziensis* em sistema de plantio direto.

Tratamento	Profundidade (m)	Macro porosidade (m ³ m ⁻³)	Micro porosidade (m ³ m ⁻³)	Porosidade total (m ³ m ⁻³)	Densidade (Kg dm ⁻³)
Milho Solteiro	0,05 – 0,10	0,13 Aa	0,43 Aa	0,59 Aa	1,28 Ab
	0,10 – 0,15	0,07 Bb	0,44 Aa	0,51 Ab	1,47 Aa
	0,15 – 0,20	0,06 Bb	0,44 Aa	0,50 Ab	1,46 Aa
Milho Consorciado com <i>Brachiaria</i>	0,05 – 0,10	0,11 Ba	0,45 Aa	0,56 Aa	1,21 Ab
	0,10 – 0,15	0,06 Bb	0,46 Aa	0,52 Ab	1,42 Aa
	0,15 – 0,20	0,05 Bb	0,43 Aa	0,48 Ac	1,52 Aa

Média seguida de mesma letra maiúscula na coluna não difere pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos, e pela letra minúscula dentro de cada camada amostrada.

Os valores médios de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, avaliados nos sistemas de produção de milho solteiro e milho consorciado, sob plantio direto, encontram-se na tabela 3. Os melhores resultados para essas propriedades foram observados na profundidade de 0,05 a 0,10 m, independentes do manejo adotado. Esses resultados são concordantes com os obtidos por Spera et al. (2006).

A macroporosidade na profundidade de 0,05 a 0,10 m foi maior no tratamento com milho solteiro (0,13 m³ m⁻³), quando comparado com o consórcio (0,11 m³ m⁻³).

Devido, provavelmente às avaliações serem realizadas imediatamente após a colheita do milho, ou seja, as raízes da *Brachiaria ruziziensis* não estavam decompostas. Valores de macroporosidade inferior a 0,10 m m⁻³ e de densidade de 1,40 kg dm⁻³, como registrados na profundidade de 0,10 a 0,20 m, podem afetar o crescimento radicular da cultura subsequente.

A densidade do solo diferiu entre as profundidades, sendo que na profundidade de 0,10 a 0,15 m a densidade foi 16% superior a da camada de 0,05 a 0,10 m. Constatou-se que na profundidade de 0,10 a 0,20

Os valores obtidos ficaram acima do valor considerado crítico ao desenvolvimento das raízes de milho e *Brachiaria* que é de $1,40 \text{ kg dm}^{-3}$, para os solos de textura muito argilosa. Considerando-se que a densidade de solo tem sido um dos parâmetros usados para avaliação do estado estrutural do solo, verificou-se que em ambos os sistemas de cultivo de milho o solo está compactado nestas profundidades, indicando que o consórcio de milho em uma única safra não foi capaz de promover melhoria nas propriedades físicas. Resultados semelhantes observados neste experimento foram constatados por Denardin et al.

(2008b) e Spera et al. (2004a).

A resistência do solo à penetração (RP), não foi influenciada pelo consórcio (Tabela 3), e na figura 1 é apresentada a variação da RP para os sistemas de manejo estudado nas diferentes profundidades. Observou-se que a RP, na profundidade estudada, estava acima do limite que restringe o crescimento das raízes. Segundo Beutler et al. (2006) valores de 2,0 a 3,0 MPa são limitantes à produtividade de soja, enquanto para Tormena et al. (2007), estes valores ficam em 3,5 Mpa.

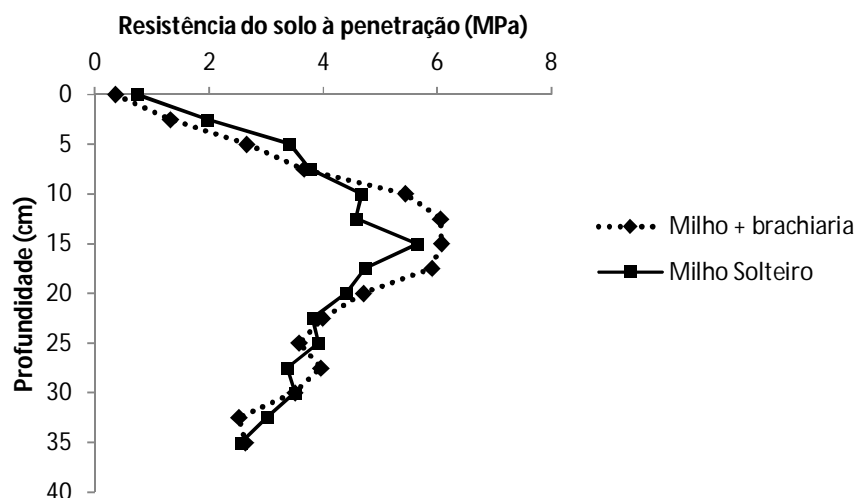


FIGURA 1 - Variação da resistência do solo à penetração (RP) de um Latossolo Vermelho, textura muito argilosa, para milho cultivado solteiro e milho consorciado com *Brachiaria ruziziensis*.

De acordo com a literatura a utilização de pastagens em consórcio com culturas, condicionam melhorias na qualidade do solo (GARCÍA-PRÉCHAC et al., 2004; MARCHÃO et al., 2007, ANDRADE et al., 2009). Todavia, neste experimento o consórcio de milho com *Brachiaria*, não promoveu estas melhorias; mas, certamente, com o decorrer do tempo estas podem ocorrer. Visto que no consórcio houve um incremento de massa seca no solo, e conseqüentemente maior teor de matéria orgânica será adicionado no solo, promovendo desta forma, uma maior agregação do solo (FONSECA et al., 2007; LOSS et al., 2011).

CONCLUSÕES

O consórcio de milho e *Brachiaria ruziziensis* em sistema de plantio direto promoveu um incremento de 40 % na produção de massa seca total depositada sobre o solo, quando comparado com a cultura solteira.

O consórcio de milho com *Brachiaria*, em um único cultivo, não promoveu melhorias nas propriedades físicas do solo.

O cultivo do milho em sistema de plantio direto solteiro ou consorciado com *Brachiaria ruziziensis* não

alterou a resistência mecânica do solo à penetração que se apresentou acima de 2 MPa em todas as profundidades estudadas neste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná, afiliada à Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior – SETI.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C.; CERETTA, C.A.; THOMAS, A.L.; PAVINATO, A.; BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência Solo*, Viçosa, v.18, n.1, p.101-108, 1994.
- ANDRADE, R. da S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.13, n.4, p.411-418, 2009.
- AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.25, n.1, p.189-197, 2001.
- BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; SILVA, A.P.; BARBOSA, J.C. Intervalo hídrico ótimo e produtividade de cultivares de soja. *Revista*

- Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.639-645, 2006.
- BOLINDER, M.A.; ANGERS, D.A.; DUBUC, J.P. Estimating shoot to root ratios and annual carbon inputs in soil for cereal crops. **Agriculture, Ecosystems e Environment**, Canadá, v.63, n.1, p.61-66, 1997.
- BRAMBILLA, J.A.; LANGE, A.; BUCHELT, A.C.; MASSAROTO, J.A. Produtividade de milho safrinha no sistema de integração lavoura-pecuária, na região de Sorriso, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.8, n.3, p.263-274, 2009.
- BELL, M.J.; STIRLINGAND, G.R.; PANKHURST, C.E. Management impacts on health of soils supporting Australian grain and sugarcane industries. **Soil and Tillage Research**, Australian, v.97, n.2, p.256-271, 2007.
- CHIODEROLI, C.A.; MELLO, L. M. M. de; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O.R.; CESARIN, A. L. Consorciação de braquiárias com milho outonal em plantio direto sob pivô central. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.6, p.1101-1109, 2010.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Consulta em 20 de fevereiro de 2013.
- COSTA, F.S.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.1, p.323-332, 2008.
- CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.5, p.777-788, 2005.
- CRUZ, S.C.; PEREIRA, F.R.S.; BICUDO, S.J.; ALBUQUERQUE, A.W.; SANTOS, J.R.; MACHADO, C.G. Nutrição do milho e da *Brachiaria decumbens* cultivados em consórcio em diferentes preparos do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.30, n.5, p.733-739, 2008.
- CUNHA, E.Q.; BALBINO, L.; STONE, L.; LEANDRO, W.; OLIVEIRA, G. Influência de rotações de culturas nas propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho em plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.675-682, 2007.
- DENARDIN, J.E.; FAGANELLO, A.; SANTI, A. Falhas na implementação do sistema plantio direto levam a degradação do solo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.18, n.108, p. 33-34, 2008a.
- DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; SANTI, A.; FAGANELLO, A.; SATTLER, A. Efeito da consorciação milho-braquiária (*Brachiaria brizantha*) na mitigação da compactação do solo. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Passo Fundo: Embrapa Trigo. (Online, n. 54, 2008). Disponível em: <http://www.cnpq.embrapa.br/biblio/bp/p_bp54.htm>. Consultado em março de 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise do solo** 2ª ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, SOLOS, 2006.
- FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA - FEBRAPDP. Foz do Iguaçu. Disponível em: <http://www.febrapdp.org.br>. Consultado em 20 fevereiro de 2013.
- FERREIRA, D.F. **Sistema para análise de variância para dados balanceados** (SISVAR versão 4.3). Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2003.
- FERREIRA, E.P.; DIDONET, A.D.; PARTELLI, F.; STONE, L.F. Produtividade do feijoeiro comum influenciada por plantas de cobertura e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.7, p.695-702, 2011.
- FONSECA, G.C.; CARNEIRO, M.A.C.; COSTA, A.R.da; OLIVEIRA, G. C.de; BALBINO, L.C. Atributos físicos, químicos e biológicos de Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v.37, n.1, p.22-30, 2007.
- FREITAS, F.C.L.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; SANTOS, M.V.; AGNSES, E.L.; CARDOSO, A.A.; JAKELAITIS, A. Formação de pastagem via consórcio de *Brachiaria brisantha* com milho para silagem em sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, v.23, n.1, p.49-58, 2005.
- GILLER, K.E.; WITTER, E.; CORBEELS, M.; TITTONELL, P. Conservation agriculture and smallholder farming in África: The heretics' view. **Field Crops Research**, Africa, v.14, n.1, p.23-24, 2009.
- IKEDA, F.S.; MITJA, D.; VILELA, L.; CARMONA, R. Bancos de sementes no solo em sistemas de cultivo lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.11, p.1545-1551, 2007a.
- IKEDA, F.S.; MITJA, D.; CARMONA, R.; VILELA, L. Caracterização florística de bancos de sementes em sistemas de cultivo lavoura-pastagem. **Planta Daninha**, Viçosa, v.25, p.735-745, 2007b.
- IMHOFF, S.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A. Aplicação de curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.7, p.1493-1500, 2000.
- JAKELAITIS, A.; SILVA, A.F.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R.; FREITAS, F.C.L.; VIVIAN, R. Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiaria brizantha* consorciada com milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v.23, n.1, p.59-67, 2005.
- KISSELE, K.W.; GARRETT, C.J.; FU, S.; HEDRIX, P.F.; CROSSLEY, D.A.; COLEMAN, D.C. & POTTER, R.L. Budgets for roots-derived C and litter-derived C: Comparison between conventional tillage and no tillage soils. **Soil Biology e Biochemistry**, v.33, n.1, p.1067-1075, 2001.
- KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.409-441.
- LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; ELTZ, F.L.F.; AMADO, T.J.C.; REINERT, D.J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.1, p.1131-1140, 2007.
- LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; GLÁCOMO, S.G.; PERIN, A.; ANJOS, L.H.C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1269-1276, 2011.
- LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p.175-187, 2004.
- MACEDO, M.C.M. Integração lavoura-pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.38, n.1, p.133-146, 2009.
- MARCHÃO, R.L.; BALBINO, L.C.; SILVA, E.M.; SANTOS JUNIOR, J.D.G.; SÁ, M.A.C. de, BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.6, p.873-882, 2007.
- MACHADO, P.O.L.A.; SILVA, C.A. Soil management under no-tillage systems in the tropics with special reference to Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.61, n.1, p.119-130, 2001.
- MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo** - ecossistemas tropicais e subtropicais, 2ª ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.1-5.
- NUNES, U.R.; JÚNIOR, V.C.A.; SILVA, E.B.; SANTOS, N.F.; COSTA, H.A.O.; FERREIRA, C.A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.6, p.943-948, 2006.
- PAVINATO, P.C.; ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.3, p.911-920, 2008.
- PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; BEUTLER, S.J.; TORRES, J.L.R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.5, p.508-514, 2010.
- RAIJ, B. VAN, ANDRADE, J. C., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. 285 p.
- SANTOS, G.; SILVEIRA, G.P.M.; MARCHÃO, R.L.T.; BALBINO, B.L.C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.1, p.115-122, 2008.

- SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; BROCH, D.L.; FABRÍCIO, A.C. Alterações em atributos físicos do solo decorrentes da rotação soja-pastagem, no Sistema Plantio Direto. **Embrapa Agropecuária Oeste**, Dourados, n.10, p.1-5, 1999 (Comunicado Técnico).
- SEVERINO, F.J.; CARVALHO, S.J.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. **Planta Daninha**, Viçosa, v.24, n.1, p.53-60, 2006.
- SILVA, M.G.; ARF, O.; ALVES, M.C.; BUZZETTI, S.; Sucessão de culturas e sua influencia nas propriedades físicas do solo e na produtividade do feijoeiro de inverno irrigado, em diferentes sistemas de manejo do solo. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.335-347, 2008.
- SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.3, p.533-542, 2004.
- SPERA, S.T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G.O. Efeito de pastagens de inverno e de verão em características físicas de solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.4, p.1193-1200, 2006.
- SPAGNOLLO, E.; BAYER, C.; WILDNER, L.P.; ERNANI, P.R.; ALBUQUERQUE, J.A.; PROENÇA, M.M. Leguminosas estivais intercalares como fonte de nitrogênio para o milho, no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v.26, n.2, p.417-423, 2002.
- STOLF, R., FERNANDES, J., FURLANI NETO, V.L. **Recomendação para o uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, Boletim n.1, p.9, 1983.
- STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.15, n.2, p.229-35, 1991.
- STONE, L.F.; GUIMARÃES, C.M.; MOREIRA, J.A.A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p.207-212, 2002.
- TIMOSI, P.C.; DURIGAN, J.C.; LEITE, G.J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.617-622, 2007.
- TORMENA, C.A.; ARAÚJO, M.A.; FIDALSKI, J.; COSTA, J.M. Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférrico sob sistemas de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.2, p.211-219, 2007.