

Resistência do solo à penetração, cobertura vegetal e produtividade do milho em plantio direto escarificado

Denise Mahl^{1*}, Reginaldo Barboza da Silva², Carlos Antonio Gamero³ e Paulo Roberto Arbex Silva³

¹Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Maringá, Rod. PR 482, km 45, 87820-000, Campus do Arenito, Cidade Gaúcha, Paraná, Brasil. ²Departamento de Agronomia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus Experimental de Registro, Registro, São Paulo, Brasil. ³Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: dmahl@uem.br

RESUMO. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da operação da escarificação ao longo do tempo sobre a estrutura de um solo em plantio direto, assim como os seus efeitos sobre a produtividade do milho e a formação de cobertura vegetal. O trabalho foi conduzido em um NITOSSOLO VERMELHO no município de Botucatu, São Paulo, Brasil. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas o fator manejo do solo (em plantio direto e em escarificação) e as subparcelas o fator período de avaliação (quatro e 18 meses após a escarificação) com quatro repetições por tratamento. Os resultados indicaram que, após o período de quatro meses, a escarificação reduziu significativamente a resistência do solo à penetração, até a profundidade de atuação das hastas do escarificador (0,30 m), e, após o período de 18 meses, o efeito da escarificação sobre a resistência do solo à penetração ocorreu apenas na camada superficial do solo (0,05 e 0,10 m). Em área cultivada em sistema plantio direto, o efeito do preparo do solo com escarificador sobre a resistência à penetração tende a desaparecer no período de 1,5 anos. A quantidade de matéria seca na superfície do solo, em plantio direto, foi 30% superior ao solo com antecedente de escarificação pelo período de quatro meses.

Palavras-chave: plantio direto, resistência mecânica, cobertura vegetal, cultura do milho.

ABSTRACT. Soil resistance to penetration, vegetable covering and yield of corn in no-tillage soil with chisel plow action. This work evaluated the influence of chisel plow operation over time on the structure of a no-tillage soil, as well as their effects on corn productivity and vegetable covering formation. The study was developed using a soil classified as Ultis soil, in Botucatu, São Paulo State, Brazil. The experimental design consisted of randomized blocks in split-plot portions, with the portions being the soil management factor (carried out under no-tillage system and soil prepared with chisel plow) and the split-plot the evaluation period factor (4 and 18 months after soil was prepared with chisel plow), with four replications. The results indicated that the chisel plow action, after the 4-month period, significantly reduced the resistance of the soil to penetration, down to the performance depth of the soil furrow made by the chisel plow (0.30 m). After the 18-month period, the effect of the chisel plow action on the resistance of the soil to penetration took place only in the superficial layer of the soil (0.05 and 0.10 m). In the area cultivated under no-tillage, the effect of chisel plow action on the resistance to penetration tends to disappear in a period of 1.5 years. The amount of dry matter in the soil surface under no-tillage was 30% higher in the soil prepared with chisel plow over the 4-month period.

Key words: no-tillage, mechanical resistance, vegetable covering, corn culture.

Introdução

O sistema plantio direto tem como princípios básicos a não-mobilização do solo e sua constante cobertura superficial com resíduos vegetais. Neste sistema, realizam-se controle químico das plantas daninhas e outras práticas conservacionistas, que permitem manter uma cobertura morta sobre o solo

em quantidade e qualidade adequada para melhorar a sustentabilidade de todo ecossistema (Hernani e Salton, 1997).

De acordo com Andreotti *et al.* (2008) para a consolidação e sucesso do sistema de plantio direto, é de fundamental importância a implantação de culturas para a produção de palha, em quantidade

adequada à cobertura do solo. Os autores relatam a dificuldade de produção e manutenção de cobertura vegetal em regiões mais quentes devido ao acelerado processo de decomposição.

Segundo Prado *et al.* (2002), a presença de restos culturais na superfície do solo apresenta benefícios de ordem físico-química e biológica, proteção contra a erosão, melhoria da taxa de reciclagem de nutrientes e efeitos alelopáticos sobre pragas e inibição da emergência de plantas daninhas. De acordo com Paes e Rezende (2001), a aveia preta tem demonstrado grande potencialidade no controle de plantas daninhas no sistema de plantio direto, destacando-se, também, pela grande produção de matéria seca.

Alvarenga *et al.* (2001) afirmaram que, para o bom estabelecimento e formação de fitomassa de plantas de cobertura, devem-se selecionar espécies com maior potencial para condições locais, observando-se, entre outros fatores, as condições de solo, a tolerância à deficiência hídrica, a possibilidade de uso comercial e o potencial de serem hospedeiras de pragas. Os autores relataram que a quantidade de 6 t ha⁻¹ de resíduos pode ser considerada adequada ao sistema de plantio direto, obtendo-se boa cobertura do solo, porém, alertaram que dependendo da região, das condições edafoclimáticas e do tipo de planta, essa quantidade pode variar em função da facilidade ou dificuldade da produção de fitomassa e da taxa de decomposição.

De acordo com Mello Filho e Richetti (1997), a cultura do milho caracteriza-se por sua importância agrônômica, sendo utilizada em sistemas de rotação de culturas, principalmente em agrossistemas em que a soja é a cultura predominante. Segundo Fancelli (2002), devido à quantidade de resíduos produzidos, há uma relação de dependência entre o sistema de plantio direto e a cultura do milho.

No sistema de plantio direto, é comum a ocorrência de compactação da camada superficial do solo e que, dependendo do seu grau, poderá prejudicar o desenvolvimento das plantas. Segundo Araújo *et al.* (2001), a compactação do solo é causada pela pressão dos rodados e outros componentes das máquinas agrícolas, podendo aumentar com a realização de operações agrícolas em solo com alto teor de água e, que seus efeitos podem ser minimizados com a utilização de sistemas de rotação de culturas, inserindo-se, entre outras espécies, o nabo forrageiro e a aveia que funcionam como descompactadores biológicos.

Ralisch (2001), também, ressaltou a importância da verificação da existência de camadas compactadas

em solos com altos teores de argila, as quais incluem a compactação causada pelas operações agrícolas de efeito cumulativo em áreas exploradas pelo sistema de plantio direto. Segundo o autor, a ocorrência de camadas compactadas de solo prejudica a infiltração de água, as trocas gasosas, a atividade biológica e a penetração de raízes, sendo mais prejudicial quanto mais espessa e superficial forem estas camadas. Seixas (2002) acrescenta que a intensidade de compactação do solo é influenciada pela quantidade e distribuição de matéria orgânica e resíduos vegetais na camada superficial, pela textura e estrutura do solo, pelo teor de água no solo por ocasião das operações mecanizadas, pelo peso da máquina e pelo tamanho das rodas.

De acordo com Camargo e Alleoni (1997), é difícil determinar o grau de compactação do solo prejudicial às culturas, pois depende de diversos fatores físicos, químicos e biológicos, e, da interação entre estes. Tormena (1998) relata que valores de resistência à penetração acima de 2 MPa podem influenciar negativamente o desenvolvimento das culturas.

Secco *et al.* (2000) verificaram que em solos conduzidos em plantio direto por 14 anos, ocorreu relação direta entre a densidade do solo e a resistência mecânica do solo à penetração. Observaram também que, em solos com grau de compactação entre 2,7 e 3,1 MPa, houve redução de 18% na produtividade de trigo em relação a solos menos compactados.

Para a operação de descompactação do solo, escarificadores e subsoladores são os implementos mais usados devido à maior capacidade de penetração e menor desagregação do solo em relação aos arados e grades de discos (Araújo, 1999). Entretanto, Machado *et al.* (1996) ressaltam que a melhoria ou manutenção das condições físicas do solo não se consegue somente pelas práticas mecânicas de preparo do solo, mas que estas, quando corretamente empregadas propiciam condições adequadas para o estabelecimento das culturas. Em pesquisas realizadas por Silva Neto *et al.* (2003) concluiu-se que a rotação de culturas proporcionou a escarificação biológica do solo, comprovada pelos menores valores de resistência à penetração, reduzindo a necessidade de controle mecânico da compactação.

Dalla Rosa (1981) destaca que a escarificação utilizada como uma das práticas mecânicas de preparo tem por objetivo reduzir a densidade do solo, a resistência à penetração de raízes e aumentar a permeabilidade do solo.

Os efeitos benéficos da escarificação, nas propriedades físicas do solo, tendem a diminuir com

o passar do tempo, no entanto, algumas pesquisas têm constatado efeitos residuais nos solos, anos após terem sido escarificados. Ralisch *et al.* (2001) estudaram, em solo argiloso conduzido em sistema de plantio direto durante três anos, o efeito da escarificação a 0,25 m de profundidade sobre a resistência do solo à penetração. Após a escarificação, implantou-se a cultura do trigo e, posteriormente, a cultura da soja. Após o período de quase um ano, os autores encontraram variação significativa da resistência à penetração na camada superficial (0-0,10 m). Os autores concluíram que a operação de escarificação apresenta efeito imediato na redução da resistência do solo à penetração nas camadas superficiais. Alertaram, no entanto, que este efeito tende a neutralizar-se no período de apenas uma safra agrícola.

Pierce *et al.* (1992) verificaram que, após a operação de escarificação em solo franco-arenoso, houve redução da densidade do solo, até a profundidade de 0,35 m e que efeitos residuais da escarificação sobre a densidade e porosidade foram encontrados dois anos após o preparo do solo. Machado *et al.* (1996) comentam que a densidade do solo é um dos parâmetros físicos utilizados para se avaliar a compactação do solo e que a operação de escarificação proporcionou redução de 4,8% na densidade do solo.

Em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, conduzido há quatro anos em sistema de plantio direto, Klein *et al.* (2003) avaliaram o efeito da escarificação a 0,25 m após o cultivo da aveia preta e concluíram que a escarificação esporádica, em plantio direto, não reduz o teor de matéria orgânica do solo. Verificaram, também, que a densidade do solo, após a operação de escarificação e o cultivo da aveia preta, foi reduzida em 14% em relação ao solo mantido em plantio direto. Camara *et al.* (2002) constataram que a operação de escarificação em área de plantio direto, provocou uma incorporação superficial dos resíduos, reduzindo em 30% o percentual de solo coberto por resíduos culturais.

Em experimento conduzido por Furlani *et al.* (1999), para semeadura de milho em diferentes sistemas de preparo do solo (convencional, reduzido e plantio direto) concluíram que a produtividade de grãos foi maior no sistema de preparo de solo convencional, seguida pelo reduzido e plantio direto. Entretanto, Silva (2000), avaliando o comportamento de cultivares de milho, nos mesmos sistemas de preparo do solo, concluiu que não houve variação significativa da produtividade e da quantidade de matéria seca das plantas de milho em função dos preparos, mas que estes interferiram na matéria seca de

plantas daninhas.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da operação da escarificação ao longo do tempo sobre a resistência à penetração de um NITOSSOLO VERMELHO em plantio direto, assim como os seus efeitos sobre a produtividade do milho e a formação de cobertura vegetal.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, situada no município de Botucatu, Estado de São Paulo. A área experimental localiza-se geograficamente nas coordenadas 22°49' latitude Sul e 48°25' longitude Oeste, com altitude média de 770 m, declividade entre 3,0 e 6,0% e exposição face oeste. Há quatro anos, a área é cultivada, no sistema de plantio direto, com a implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.) por dois anos consecutivos e, posteriormente, a cultura da soja (*Glycine max* L.), realizando-se (em junho de 2001) em suas restevas a operação de escarificação (em 50% das parcelas experimentais) com hastes espaçadas de 0,45 m atuando a 0,30 m de profundidade, cujos efeitos foram avaliados neste trabalho.

Após a escarificação, implantou-se, como cultura de inverno, a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) que foi manejada com rolo-faca, sendo posteriormente introduzida a cultura do milho. No momento da semeadura do milho (em outubro de 2001), quatro meses após a escarificação, realizou-se a primeira avaliação da resistência do solo à penetração. Após a colheita do milho, a cultura do triticale (*Triticum turgidocereale*) foi introduzida na área experimental e em suas restevas, realizou-se novamente a semeadura do milho e neste momento (em dezembro de 2002), 18 meses após a escarificação, realizou-se a segunda avaliação da resistência do solo à penetração.

A cultivar de milho utilizada, no primeiro período de cultivo (quatro meses após a escarificação), foi a variedade AL-30 da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, a qual foi semeada com espaçamento entre as linhas de semeadura de 0,80 m. No segundo período de cultivo (18 meses após a escarificação) o híbrido utilizado foi o CO-32, semeada com espaçamento entre as linhas de 0,45 m. Para a semeadura do milho, nos dois períodos, utilizou-se a mesma semeadora-adubadora (de marca Marchesan, modelo PST²) equipada com sulcadores para fertilizantes e sementes do tipo disco duplo defasado e, embora tenham diferido os espaçamentos entre

linhas de semeadura, manteve-se a mesma população de plantas (aproximadamente 60.000 plantas ha⁻¹).

Para a determinação da resistência mecânica do solo à penetração, utilizou-se um penetrógrafo com ponta cônica, haste de cone padronizado pela ASAE (1996), com ângulo de 30°, área basal de 130 mm², profundidade máxima de 600 mm, resistência máxima admissível de 76 MPa e cartões padronizados para registrar os dados. Os dados de resistência do solo à penetração, obtidos nos registros, foram classificados (a cada 0,05 m) até 0,40 m de profundidade, sendo registrados em unidade de MPa. Fizeram-se, aleatoriamente, quatro amostragens em cada parcela experimental.

No momento da determinação da resistência mecânica do solo à penetração, no período de 4 meses após a escarificação, os valores médios de teor de água no solo foram de 27,8; 28,3; 31,0 e 31,5 kg kg⁻¹, respectivamente, nas camadas de 0-10; 11-20; 21-30 e 31-40 cm. Aos 18 meses após a escarificação, os valores de teor de água foram de 27,6; 28,4; 29,8 e 28,6 kg kg⁻¹ para as mesmas camadas.

Para avaliação da cobertura vegetal, coletaram-se aleatoriamente duas amostras em cada parcela, dos resíduos vegetais existentes na superfície do solo. As amostras foram coletadas, nos dois períodos de avaliação (quatro e 18 meses após a escarificação), cortando-se com faca serrilhada o material existente na área de um quadrado de madeira (0,25 m²), conforme metodologia descrita por Chaila (1986). O material colhido foi colocado em sacos de papel, levado à estufa com circulação forçada de ar e temperatura de aproximadamente 65°C, por um período de pelo menos 24h. Após a secagem, o material foi pesado e os valores foram transformados em kg ha⁻¹.

No primeiro período de avaliação (quatro meses após a escarificação), a superfície do solo possuía restevras de culturas de aveia preta e soja, enquanto que, na segunda avaliação (18 meses após a escarificação), a superfície continha restevras de triticale e milho. Além dos resíduos de culturas existentes na superfície do solo, foram considerados também em ambos os períodos de avaliações, os resíduos de plantas daninhas contidas na área amostrada.

Para quantificar a produtividade média de grãos da cultura do milho, em ambos os períodos, foram colhidas manualmente as espigas das quatro linhas centrais, em 5 m de linha semeada, em cada parcela, no período em que a cultura atingiu o ponto de maturação fisiológica, sendo acondicionadas em sacas de rafia devidamente identificadas. As amostras coletadas foram processadas por uma trilhadora

estacionária de cereais (modelo BC-30 Junior), sendo posteriormente pesadas. De cada amostra, retirou-se uma subamostra para determinação do teor de água dos grãos, o qual foi determinado pelo método da estufa a 105°C por 24h. A produtividade média final foi calculada corrigindo-se o teor de água dos grãos para 13% e obtida pela equação:

$$PROD = \frac{P \cdot 10000}{A} \quad (1)$$

em que:

PROD = produtividade média de grãos de milho (kg ha⁻¹);

P = produção média de grãos da parcela cujo teor de água foi corrigido para 13% (kg);

A = área da parcela colhida (m²).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas o fator manejo do solo (em plantio direto e em escarificação) e as subparcelas o fator período de avaliação (quatro e 18 meses, após a escarificação) com quatro repetições por tratamento. As parcelas experimentais foram constituídas por oito linhas de 20 m de comprimento, espaçadas de 0,80 m, e, por 12 linhas de 20 m de comprimento, espaçadas de 0,45 m, respectivamente nas duas fases de avaliação. Os dados obtidos foram analisados pelo programa estatístico Sisvar, sendo submetidos à análise de variância com aplicação do teste F (de acordo com Pimentel Gomes (1987)) e as médias submetidas ao teste de Tukey a 5% de significância.

Resultados e discussão

Na Figura 1 e na Tabela 1, são apresentados os resultados de resistência do solo à penetração para os dois tipos de manejo de solo nos dois períodos de avaliação, comparando-se cada classe de profundidade.

De acordo com a Figura 1, verificou-se que aos quatro meses após a escarificação, houve efeito significativo do sistema de preparo sobre a resistência mecânica do solo, expressa pelos valores de resistência do solo à penetração. Nas parcelas em plantio direto, os valores de resistência do solo à penetração foram superiores aos encontrados nas parcelas em que houve preparo com uso de escarificador, desde a superfície até a profundidade de 0,30 m, sendo que a diferença foi reduzindo gradativamente com o aumento da profundidade.

Aos 18 meses após a escarificação, observou-se que apenas nas camadas superficiais (0,05 e 0,10 m) houve menor grau de compactação do solo expressa pelos resultados de resistência à penetração.

Verificou-se que em parcelas em escarificação, a resistência mecânica do solo à penetração, respectivamente aos quatro e 18 meses após a operação de escarificação, foi reduzida em 54 e 18% na camada superficial (0,05 m), em relação às parcelas em plantio direto nestes períodos. Desta forma, fica evidente (Figura 1) que a escarificação promoveu uma desestruturação do solo e com isso, provavelmente, as partículas mais finas (argila e silte) do solo translocaram para camadas subsuperficiais, conferindo a estas maior resistência mecânica. Resultados semelhantes foram encontrados por Ralisch *et al.* (2001) que observaram que a escarificação provocou efeito imediato na redução da resistência do solo à penetração nas camadas superficiais e que tal efeito tendeu a neutralizar-se em uma safra agrícola.

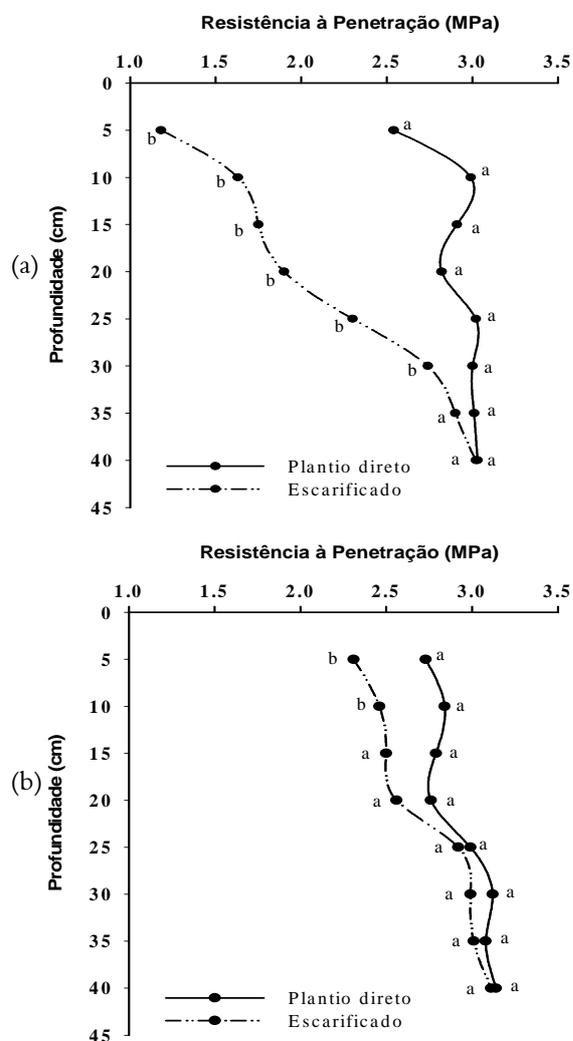


Figura 1. Resistência do solo à penetração para plantio direto e plantio direto escarificado, avaliada aos quatro meses (a) e aos 18 meses (b) após a escarificação.

*As letras comparam pelo teste de Tukey a 5% de significância os valores de manejo em cada classe de profundidade.

Analisando-se a Tabela 1, observa-se que o fator tempo (intervalo de 14 meses) não influenciou a estrutura do solo avaliada pela resistência do solo à penetração nas parcelas mantidas em sistema de plantio direto, no entanto, nas parcelas submetidas à escarificação, o fator tempo alterou a resistência do solo à penetração, desde a camada superficial até a profundidade de 0,25 m. Isto pode estar associado ao tráfego de máquinas agrícolas utilizadas em operações de semeadura, cultivo e colheita, as quais por meio das pressões de contato de rodados e implementos aplicados ao solo provocaram rearranjo dos agregados e, por conseguinte, maior consolidação da estrutura até a profundidade de 0,25 m em parcelas submetidas à escarificação.

Tabela 1. Resistência do solo à penetração (MPa) para plantio direto e plantio direto escarificado com avaliação aos quatro e 18 meses após a escarificação.

Profundidade (m)	Manejo do solo			
	Plantio direto		Plantio direto escarificado	
	4 meses	18 meses	4 meses	18 meses
0,05	2,54 a	2,73 a	1,18 b	2,31 a
0,10	2,99 a	2,84 a	1,63 b	2,46 a
0,15	2,91 a	2,79 a	1,75 b	2,50 a
0,20	2,82 a	2,76 a	1,90 b	2,56 a
0,25	3,02 a	2,99 a	2,30 b	2,92 a
0,30	3,00 a	3,12 a	2,74 a	2,99 a
0,35	3,01 a	3,08 a	2,90 a	3,01 a
0,40	3,03 a	3,14 a	3,02 a	3,11 a

*Letras iguais na linha, para cada manejo de solo, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na Tabela 2, são apresentados os resultados de conteúdo de matéria seca na superfície do solo e os valores de produtividade da cultura do milho.

Tabela 2. Matéria seca na superfície do solo e produtividade de milho, para os dois tipos de manejo (plantio direto - PD e plantio direto escarificado - PE) nos dois períodos de avaliação.

Manejo do solo	Matéria seca (t ha ⁻¹)			Produtividade de milho (kg ha ⁻¹)		
	4 meses	18 meses	Média	4 meses	18 meses	Média
	PD	6,58 Ab	9,81 Aa	8,20 A	6364 Aa	6919 Aa
PE	4,69 Bb	9,74 Aa	7,21 A	6455 Aa	6140 Aa	6298 A
Média	5,63 b	9,77 a	7,71	6410 a	6530 a	6470

*Letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Observa-se que a presença de restos culturais na superfície do solo, diferiu estatisticamente entre as condições de solo para o primeiro período de avaliação. Devido à incorporação de resíduos, a operação de escarificação a 0,30 m de profundidade reduziu em 30% a quantidade de resíduos vegetais na superfície do solo, mesmo após o desenvolvimento do ciclo da aveia preta, decorrido o período de quatro meses. Na segunda avaliação, não houve diferença estatística significativa da quantidade de matéria seca presente na superfície do solo nos dois manejos. Por outro lado, em ambos os

manejos, no intervalo entre as avaliações, houve aumento significativo nas proporções de conteúdo de matéria seca dos resíduos vegetais, chegando a atingir valores próximos a 10 t ha^{-1} .

No intervalo entre as avaliações (14 meses), em solo em plantio direto e em solo com revolvimento por escarificação, houve respectivamente, incrementos de 48 e 107% na quantidade de matéria seca da cobertura vegetal. Este acréscimo se deveu às condições climáticas favoráveis e à escolha das espécies utilizadas, pois no período compreendido entre as duas avaliações, cultivou-se milho e, posteriormente, triticale. Tal observação está de acordo com Mello Filho e Richetti (1997) que afirmam que a cultura do milho, além de produzir alta quantidade de matéria seca, apresenta resíduos que possuem decomposição mais lenta (devido a sua maior relação carbono/nitrogênio) e protegem o solo por um período maior de tempo.

A proporção de acúmulo de matéria seca, em área de plantio direto (valores entre 6 e 10 t ha^{-1}), pode ser considerada adequada ao sistema, já que de acordo com a literatura (Alvarenga et al., 2001) a quantidade de 6 t ha^{-1} de matéria se seca de cobertura vegetal tem sido considerada satisfatória para a boa cobertura do solo. As proporções relativamente altas de resíduos culturais sugerem que as condições climáticas locais permitem manter por um determinado período de tempo, resíduos vegetais sobre a superfície do solo, condição desejável ao sistema de plantio direto.

Os resultados de produtividade de grãos de milho apresentados na Tabela 2, revelam que a produtividade média de grãos, não foi influenciada estatisticamente pelo tipo de manejo do solo, independentemente do período de tempo após a operação de escarificação. A ausência de efeito do preparo do solo sobre a produtividade de milho pode ser corroborada também por Silva (2000).

Conclusão

Quatro meses após a escarificação, o efeito do revolvimento do solo, observado por meio da resistência do solo à penetração, foi observado até a profundidade de atuação dos elementos rompedores do solo (0,30 m).

O período de 18 meses após a escarificação associada à implantação das culturas de aveia preta, milho e triticale condicionou menor resistência do solo à penetração apenas na camada superficial do solo (0,05 e 0,10 m).

A quantidade de matéria seca na superfície do solo foi significativamente reduzida após o período de quatro meses de escarificação e, a cultura do

milho seguida do triticale, proporcionou um aumento significativo no volume de resíduos vegetais na superfície do solo.

O preparo do solo com uso de escarificador comparado ao plantio direto não influenciou a produtividade do milho, sugerindo que os valores de resistência do solo à penetração não foram impeditivos ao desenvolvimento da cultura do milho.

Referências

- ALVARENGA, R.C. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. *Inf. Agropecu.*, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.
- ANDREOTTI, M. et al. Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um latossolo em sistema plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 30, n. 1, p. 109-115, 2008.
- ASAE-American Society of Agricultural Engineers. *ASAE standards: standards engineering practices data*. 43. ed. Niles Road, 1996.
- ARAUJO, A.G. Máquinas para descompactação de solos. In: CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. (Org.). *Uso e manejo de solos de baixa aptidão agrícola*. Londrina: Iapar, 1999. p. 168-178.
- ARAUJO, A.G. et al. Máquinas para semear. *Cultivar Máquinas*, Pelotas, n. 2, p. 10-11, 2001.
- CAMARA, R.K. et al. Dinâmica de restos culturais na superfície do solo em plantio direto escarificado. In: REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 4., 2002, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. 1 CD-ROM.
- CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. *Compactação e desenvolvimento das plantas*. Piracicaba: Ed. Autores, 1997.
- DALLA ROSA, A.D. *Práticas mecânicas e culturas na recuperação de características físicas de solos degradados pelo cultivo - solo Santo Ângelo (Latosolo Roxo Distrófico)*. 1981. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1981.
- CHAILA, S. Métodos de evaluación de malezas para estudios de población y control. *Malezas*, [s/l], v. 14, n. 2, p. 1-78, 1986.
- FANCELLI, A.L. Cultura do milho é fundamental na estabilidade do sistema plantio direto. *Plantio Direto*, Brasília, n. 67, p. 10-12, 2002.
- FURLANI, C.E.A. et al. Características da cultura do milho (*Zea mays* L.) em função do tipo de preparo do solo e da velocidade de semeadura. *Eng. Agric.*, Sorocaba, v. 19, n. 2, p. 177-186, 1999.
- HERNANI, L.C.; SALTON, J.C. Manejo e conservação de solos. In: Embrapa/Centro de Pesquisa Agropecuárias do Oeste. *Milho: informações técnicas*. Dourados, 1997. (Circular técnica, 5).
- KLEIN, V.A. et al. Escarificação esporádica em plantio

- direto não diminui o teor de matéria orgânica no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1 CD-ROM.
- MACHADO, R.L.T. *et al.* Estudo de parâmetros físicos em solo de várzea, antes e após a escarificação. *Rev. Bras. Agrocienc.*, Pelotas, v. 2, n. 3, p. 175-178, 1996.
- MELLO FILHO, G.A.; RICETTI, A. Aspectos socioeconômicos da cultura do milho. In: Embrapa/Centro de Pesquisa Agropecuárias do Oeste. *Milho: informações técnicas*. Dourados, 1997. p. 13-38. (Circular técnica, 5).
- PAES, J.M.V.; REZENDE, A.M. Manejo de plantas daninhas no sistema plantio direto na palha. *Inf. Agropecu.*, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 37-42, 2001.
- PIERCE, F.J. *et al.* Immediate and residual effects of zone-tillage in rotation with no-tillage on soil physical properties and corn performance. *Soil Till. Res.*, Amsterdam, v. 24, n. 2, p. 149-165, 1992.
- PIMENTEL GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 12. ed. São Paulo: Nobel, 1987.
- PRADO, R.P. *et al.* Manejo mecanizado de atividades para implantação de culturas. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002.
- RALISCH, R. Na medida certa. *Cultivar Máquinas*, Pelotas, n. 5, p. 9-11, 2001.
- RALISCH, R. *et al.* Avaliação em um solo argiloso sob plantio direto de uma escarificação na evolução da resistência do solo à penetração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD-ROM.
- SECCO, D. *et al.* Efeitos da compactação nos atributos físicos do solo e na produtividade da cultura do trigo, em Latossolo Vermelho-Escuro sob sistema de plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., 2000, Ilhéus. *Resumos...* Ilhéus: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000.
- SEIXAS, F. Olho na terra. *Cultivar Máquinas*, Pelotas, n. 7, p. 15-17, 2002.
- SILVA, A.R.B. *Comportamento de variedades/híbridos de milho (Zea mays L.) em diferentes tipos de preparo do solo*. 2000. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- SILVA NETO, E. *et al.* Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho distroférico com rotação e sucessão de culturas, sob plantio direto. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 25, n. 1, p. 19-25, 2003.
- TORMENA, C.A. *Caracterização e avaliação do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo*. 1998. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

Received on September 06, 2007.

Accepted on February 22, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.