
1º Seminário sobre Cultivo Mínimo do Solo em Florestas

CULTÍVO MÍNIMO E PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

Orlando Melo de Castro*

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem-se procurado desenvolver sistemas de manejo do solo mais adequados às condições edafo-climáticas de distintas regiões. Entende-se aqui como sistema de manejo a associação de práticas agrícolas como calagem, preparo do solo, rotação de culturas e adubação verde, entre outras, que podem ser utilizadas em uma área de modo a aumentar e manter sua capacidade produtiva.

Alguns dos sistemas de manejo do solo que vêm sendo difundidos na agricultura, entretanto, têm como objetivo principal o controle da erosão, evitando o desgaste ou a degradação dos solos. Entre estes sistemas está o plantio direto, que tem características contrastantes em relação aos sistemas tradicionais.

No plantio direto não há o preparo prévio do solo na área de cultivo, sendo o plantio feito sobre a palha deixada pelas culturas anteriores e pelas ervas daninhas. Pode-se definir plantio direto como a semeadura com revolvimento do solo apenas no sulco ou cova onde se deposita a semente e o fertilizante, permanecendo o restante da superfície sem mobilização, em contraste com outros sistemas em que a mobilização é feita em toda a área. Este sistema elimina, portanto, as operações de aração, gradagens e outros métodos convencionais de preparo do solo, e as ervas daninhas são controladas com herbicidas em aplicações antes *el* ou após a semeadura. Outros sistemas que mobilizam menos o solo em relação aos sistemas convencionais são denominados preparos reduzidos, como o preparo com arado escarificador.

As principais diferenças entre os sistemas convencionais e o plantio direto estão na mobilização física do solo por ocasião do preparo e no manejo do material orgânico dos restos culturais e das ervas daninhas.

Com a eficiência comprovada do plantio direto no controle da erosão e na redução dos custos de produção, devido ao menor número de operações agrícolas em culturas anuais, este sistema começou a ser adaptado para outros sistemas de produção, especialmente de cultivos semi-perenes, como cana-de-açúcar, e perenes, como café, frutíferas e reflorestamento. Por ser uma prática recente e ainda restrita a poucas áreas, as informações sobre os efeitos no solo para estes cultivos são escassos. Por isso, neste trabalho a caracterização dos efeitos de plantio direto e cultivo mínimo no solo será feita considerando as informações existentes em áreas de culturas anuais, onde sistemas estão implantados há mais de duas décadas, nas nossas condições.

PLANTIO DIRETO NO CONTROLE DA EROSÃO

Devido a pouca mobilização do solo e a grande quantidade de resíduos deixados na superfície, o sistema plantio direto diminui significativamente as perdas de terra por erosão. Quando o preparo do solo é realizado nos sistemas convencionais, o material orgânico da superfície é praticamente todo incorporado e a terra na superfície fica desagregada, solta. Estas condições, que são bastante favoráveis para o desenvolvimento das sementes e plantas jovens e para o controle das ervas daninhas, são, entretanto, ideais para o processo de erosão.

Não há dúvida que as práticas de preparo são aquelas que mais alterações físicas provocam no solo. Como resultado, a estrutura superficial do solo sofre uma pulverização excessiva, tornando-o mais susceptível

* Pesquisador Científico, Divisão de Estações Experimentais do Instituto Agrônomo, Campinas. Caixa Postal 28, 13001-970.

ao transporte de partículas pela enxurrada, além de provocar compactação na subsuperfície, o que dificulta o movimento da água no perfil e o desenvolvimento das raízes. Os aspectos negativos do preparo do solo, principalmente aqueles relacionados às culturas anuais, podem ser assim resumidos:

- uso de implementos inadequados quanto ao mecanismo de ação sobre a estrutura do solo (discos), que deixam pouca quantidade de resíduos vegetais na superfície;
- uso excessivo de operações de mobilização do solo;
- execução de operações fora da faixa de umidade do solo recomendada, principalmente nos argilosos.

No plantio direto o arraste de terra é diminuído principalmente pela palha na superfície, que protege o solo do impacto das gotas de chuva, e pela maior agregação, tornando este sistema o mais eficiente no controle da erosão.

Essa eficiência é atestada pelos dados do quadro 1, onde se verifica que o plantio direto em latossolo roxo reduziu as perdas de solo em 85% quando comparado ao sistema convencional, com arado de discos. O preparo do solo com arado escarificador não apresentou a eficiência do plantio direto, mas permitiu uma redução significativa nas perdas de solo e água nos dois solos estudados, enquanto que a grade pesada provocou uma erosão maior que o arado de discos no podzólico e menor no latossolo.

Estudos de erosão com o plantio direto em podzólicos realizados por BENATTI et al. (1977), mostraram uma eficiência de 67% no controle das perdas de solo (perdas de 33% em relação ao convencional) e apenas 34% nas perdas de água (quadro 2), valores muito inferiores aos obtidos no latossolo roxo. A eficiência do plantio direto é menor em solos arenosos devido à baixa resistência natural à erosão superficial e à rápida decomposição dos restos culturais, resultante do maior aquecimento da superfície arenosa. Os sistemas de preparo reduzido que aumentam a infiltração, como a escarificação, que reduziu em 45% e 57% as perdas de terra e de água respectivamente (quadro 1), podem ser mais interessantes nestes tipos de solo e também para o agricultor, devido à maior facilidade de adoção.

QUADRO 1. Perdas de solo e água por erosão em cultura de milho sob diferentes sistemas de preparo em podzólico vermelho-amarelo textura arenosa/média (PV) e latossolo roxo (LR), com declive de 10,8% e 6,5%, respectivamente.

Tratamento	LR		PV	
	Solo t/ha	Água mm	Solo t/ha	Água mm
Plantio direto	1,0	15,2	-	-
Arado escarificador	3,3	30,4	22,5	121,1
Grade pesada	4,4	42,2	56,2	222,6
Arado de discos	6,5	58,1	49,8	211,6

Fonte: LOMBARDI NETO (1990)

QUADRO 2. Perdas por erosão de solo e água sob plantio direto e arado de discos na cultura de milho em podzólico vermelho-amarelo textura arenosa/média.

Tratamento	Solo		Água	
	t/ha	%	Mm	%
Plantio direto	13,4	33	98,5	66
Arado de discos	40,9	100	143,7	100

Fonte: Adaptado de BENATTI et al. (1977).

PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

Naturalmente, não se deve esperar que solos sob cultivo mantenham os atributos físicos e químicos do solo sob vegetação original, mas deve-se procurar manejá-los de modo que suas propriedades não sejam modificadas no sentido de aumentar a erosão e a degradação ou diminuir sua capacidade produtiva.

O processo erosivo é a consequência maior das modificações que os sistemas de manejo provocam no solo, principalmente aquelas relacionadas com a sua estrutura, como densidade do solo, porosidade, agregação, que atuam diretamente na infiltração e retenção de água.

Compactação e densidade do solo

Em áreas sob preparo convencional, camadas subsuperficiais compactadas podem ser formadas gradativamente pelas operações de preparo feitas sempre na mesma profundidade. Ao passar pelo solo, qualquer implemento de preparo provoca a compactação de uma fina camada que pode ser agravada pelo excesso de umidade no momento da operação. Se o implemento estiver regulado sempre na mesma profundidade, esta camada, aos poucos, vai ficando tão densa, que dificultará a infiltração de água no solo e a penetração das raízes, reduzindo o desenvolvimento da planta, seja por falta ou por excesso de água e/ou por deficiência na nutrição.

É comum encontrar solos com essa compactação no fundo dos sulcos de aração e de gradeação, chamada "pé-de-arado" ou "pé-de-grade", que é formada por quase todos os implementos agrícolas quando trabalham em condições de solo úmido. Acima desta camada fica o solo preparado e bastante desagregado. Por ocasião das chuvas a camada compactada e o selamento da superfície, resultante da desagregação do solo, reduzem a infiltração da água e aumentam o escoamento superficial e o arraste de terra.

No plantio direto, como não há mobilização da superfície, os valores de densidade do solo são mais altos, embora sejam mais homogêneos ao longo do perfil, enquanto que o sistema convencional apresenta valores baixos na profundidade de preparo, mas logo abaixo desta os valores são elevados. Isto fica evidenciado no quadro 3, onde os autores encontraram um gradiente acentuado na densidade do solo e na resistência ao penetrômetro da primeira para a segunda camada em todos os tratamentos com preparo do solo. Mas no plantio direto, embora os valores sejam maiores na camada superficial, há uma diminuição gradativa dos valores em profundidade.

Quadro 3. Valores médios de densidade do solo e resistência ao penetrômetro, em latossolo vermelho-escuro álico, textura argilosa, após quatro anos de ensaio, em diferentes sistemas de preparo

Prof. cm	Densidade				Resistência			
	SC	SR	SP	SD	SC	SR	SP	SD
	g/cm ³				kg/cm ²			
0 – 07	1,48	1,46	1,46	1,55	2,0	2,6	2,1	2,1
10 – 17	1,60	1,57	1,59	1,55	6,8	8,9	5,6	7,5
20 – 27	1,51	1,49	1,55	1,53	8,0	7,8	8,4	7,8
60 – 67	1,37	1,38	1,38	1,40	4,3	5,8	5,4	5,9

SC: sistema convencional-aração, gradagens pesada e niveladora; SR: sistema reduzido – gradagens, pesadas e niveladoras; SP: superpreparo – duas arações, gradagens pesada e niveladora; SD: semeadura direta.

A maior densidade do solo nas camadas superficiais do plantio direto não implica em menor crescimento radicular. O perfil mais homogêneo parece ser menos prejudicial do que a descontinuidade observada no convencional (BACCHI, 1976). Isto é confirmado pelos dados do quadro 4, onde observa-se melhor crescimento pela maior resistência ao penetrômetro e densidade do solo, funcionou como impedimento ao crescimento radicular do milho abaixo dos 20 cm, no preparo convencional. Outro fator que auxilia o desenvolvimento radicular no plantio direto é a maior umidade do solo sob estes sistemas, que será discutida adiante, e que reduz a resistência á penetração radicular.

QUADRO 4. Densidade de raiz de milho, densidade do solo e resistência ao penetrômetro em latossolo roxo sob plantio direto (PD), preparo com escarificador (ES) e preparo convencional

Prof. cm	Raiz			Densidade			Resistência		
	PD	ES	PC	PD	ES	PC	PD	ES	PC
	g/dm ³			g/cm ³			kg/cm ³		
0 – 10	2,56	2,37	1,51	1,26	1,17	1,18	2,05	1,22	1,26
10 – 20	1,27	1,25	1,46	1,31	1,23	1,33	3,68	1,60	3,65
20 – 30	0,38	0,40	0,20	1,31	1,28	1,32	3,13	3,49	4,25
30 – 40	0,31	0,27	0,10	1,29	1,30	1,33	2,68	2,81	3,73
40 – 50	0,24	0,15	0,15	1,20	1,21	1,21	2,04	2,24	2,49
50 – 60	0,13	0,12	0,15	1,19	1,06	1,01	1,40	1,68	1,71

Fonte: (CASTRO, 1991).

Por apresentar maior densidade do solo, o plantio direto apresenta também maior microporosidade que os sistemas sob preparo nas camadas superficiais, e por conseguinte menor macroporosidade, fato comprovado por CENTURION e DEMATTÊ (1985) e CASTRO et al. (1987), em latossolos argiloso e textura média.

Capacidade de infiltração de água

O aumento da infiltração de água nos solos, seja através de meios mecânicos ou biológicos, é uma das mais importantes medidas no controle da erosão hídrica. A vegetação, umidade antecedente e a estrutura podem afetar a infiltração de água no solo (LAL, 1979).

Valores de densidade do solo maior e macroporosidade menor em solos sob plantio direto, levam a pensar que a infiltração neste sistema de preparo deva ser menor que no preparo convencional, onde a superfície normalmente é menos compacta, contrariando os dados de perda de água apresentados anteriormente. Mas num processo de precipitação pluviométrica, variáveis como a resistência do solo à desagregação pelo impacto das gotas e a cobertura com restos vegetais, passam a desempenhar papel importante sobre a quantidade de água que penetra no solo por unidade de tempo. Por isso, quando se avalia a infiltração de água em trabalhos de manejo do solo é muito importante considerar o método de avaliação: com anéis concêntricos ou com chuva simulada.

Quando se trabalha com anéis concêntricos, se estabelece uma carga hidráulica constante sobre a superfície do solo, eliminando-se o efeito de proteção contra o poder desagregante das gotas de chuva da cobertura morta. Com isso, os valores de infiltração básica são muito semelhantes, mesmo quando se compara sistemas tão distintos como plantio direto e preparo convencional, como mostram os dados da figura 1. Além disso, os valores de infiltração básica de 402, 312 e 270 mm/h para o plantio direto, escarificação e convencional, respectivamente, são excessivamente altos se comparados com o que ocorre em condições de chuva natural.

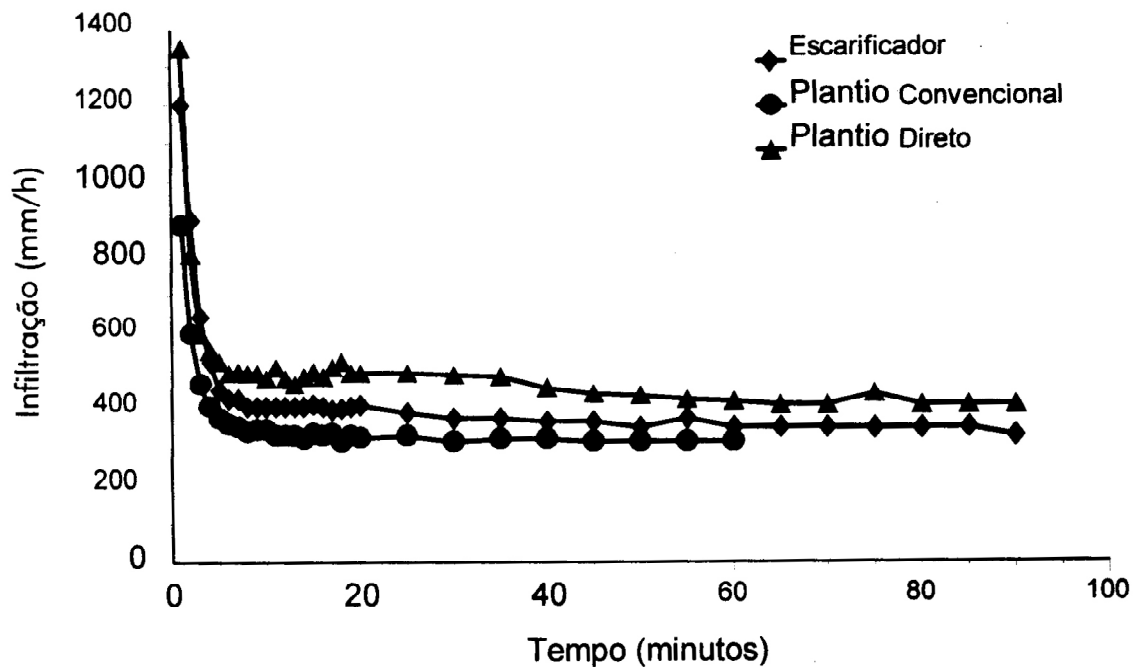


FIGURA 1. Curvas de velocidade de infiltração em latossolo roxo sob preparo convencional, preparo com escarificador e plantio direto, na sucessão aveia/milho. (Fonte: Castro et al., 1987).

As avaliações com chuva simulada refletem melhor as condições de infiltrabilidade da água no solo, pois não eliminam aqueles fatores considerados. A figura 2 apresenta as curvas de infiltração obtidas com chuva simulada, onde a infiltração básica no plantio direto foi 52 mm/h (100%), no preparo com arado escarificador foi 35 mm/h (67%) e somente 29 mm/h (56%) no preparo convencional. Embora estes dados tenham sido obtidos na mesma época daqueles apresentados na figura 1, são cerca de nove vezes mais baixos, em todos os tratamentos, mas refletem muito melhor o que ocorre em condições naturais. Esta relação entre infiltração com chuva simulada e infiltrômetro é semelhante às obtidas por SIDIRAS e ROTH (1984) no Paraná.

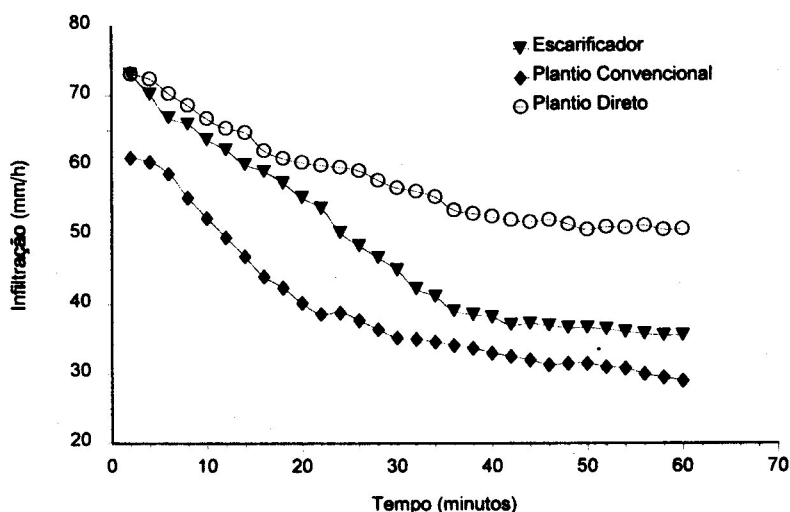


FIGURA 2. Curvas de infiltração com chuva simulada em latossolo roxo sob preparo convencional, preparo com escarificador e plantio direto. (Fonte: ARZENO, 1990).

Fica evidente que a taxa de infiltração decresce em proporção ao grau de mobilização e cobertura do solo. A cobertura morta, por proteger o solo contra a desagregação e selamento superficial, atua diretamente na capacidade de infiltração. ROTH e MEYER (1983) obtiveram uma infiltração básica com chuva simulada, de 59 mm/h em latossolo roxo com plantio direto, mas retirando-se os restos vegetais da superfície o valor obtido caiu para 17 mm/h, uma queda de 71 % só devido à remoção de cobertura morta, sendo inclusive menor que a infiltração obtida no preparo convencional, de 28 mm/h.

Disponibilidade de água

O sistema de preparo do solo é uma das formas pela qual podemos aumentar ou diminuir tanto a erosão como também o armazenamento de água na zona radicular. Para as condições climáticas do Estado de São Paulo, onde é freqüente a ocorrência de veranicos, a adoção de sistemas capazes de manter mais água disponível às plantas é importante para se evitar quebras na produção.

Como pode-se observar na figura 3, a capacidade de retenção de água no plantio direto é sempre superior. Na capacidade de campo, que para este solo está em torno de 0,15 atm, o plantio direto apresenta 35% de umidade, enquanto os sistemas com escarificador e convencional apresentam 33% e 32%, respectivamente. A maior umidade no plantio direto, e também no preparo com escarificação, certamente se deve a mudanças na estrutura, expressas pela maior estabilidade dos agregados em água, a diminuição de macroporos e ao incremento na matéria orgânica do solo. Resultados obtidos por SIDIRAS et al. (1982) e SIDIRAS et al. (1984) em solos do Paraná mostram esta mesma tendência.

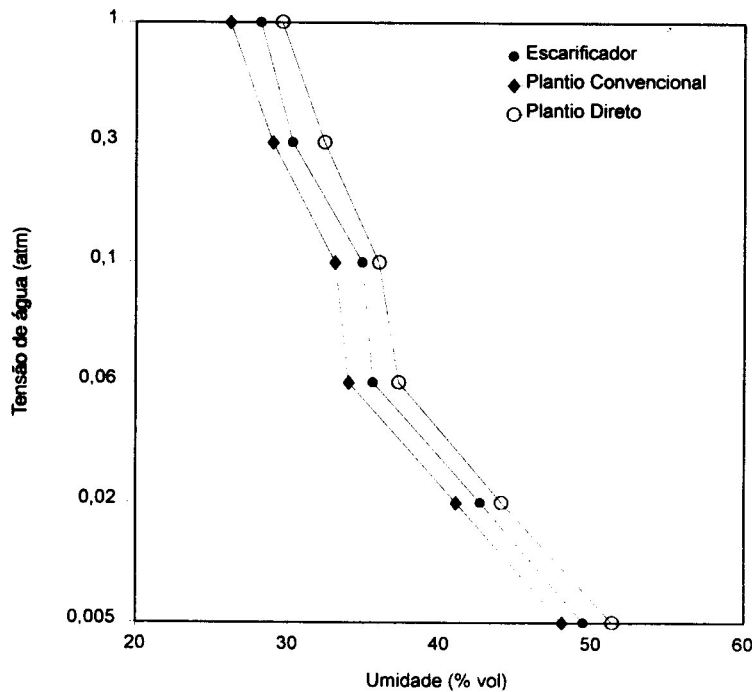


FIGURA 3. Curva de retenção de água em latossolo roxo a 20 cm de profundidade, após cinco anos de uso. (fonte: ARZENO, 1990).

A maior capacidade de retenção de água, aliada a menor perda de água por erosão e evaporação, fazem com que os sistemas de plantio direto e preparo reduzido do solo apresentem mais água disponível às plantas que o sistema convencional.

Em experimento realizado em latossolo roxo, verificou-se que o plantio direto e o preparo reduzido apresentaram maior umidade no solo, especialmente em períodos de seca.

CASTRO (1989), comparando as curvas de umidade do plantio direto de milho após mucuna preta e com aveia preta, verificou que nesta última a umidade era sempre mais elevada. Embora as leguminosas possam produzir a mesma quantidade de massa das gramíneas de inverno, sua decomposição após o corte é muito rápida (baixa relação C/N), não formando uma boa cobertura e não permitindo um bom controle da umidade.

Mas é no inverno que as diferenças entre sistemas de preparo se acentuam, devido as baixas precipitações neste período. Na figura 4 observa-se diferenças entre plantio direto e convencional de até 10% na umidade volumétrica em períodos de baixa precipitação. Isto explica a superioridade do plantio direto na produtividade das culturas de inverno, e mostra este sistema como uma opção a ser utilizada em áreas irrigadas, como forma de economizar água de irrigação. Desse modo, pode-se concluir que os benefícios do plantio direto no controle de umidade só será obtido com o solo coberto com restos culturais.

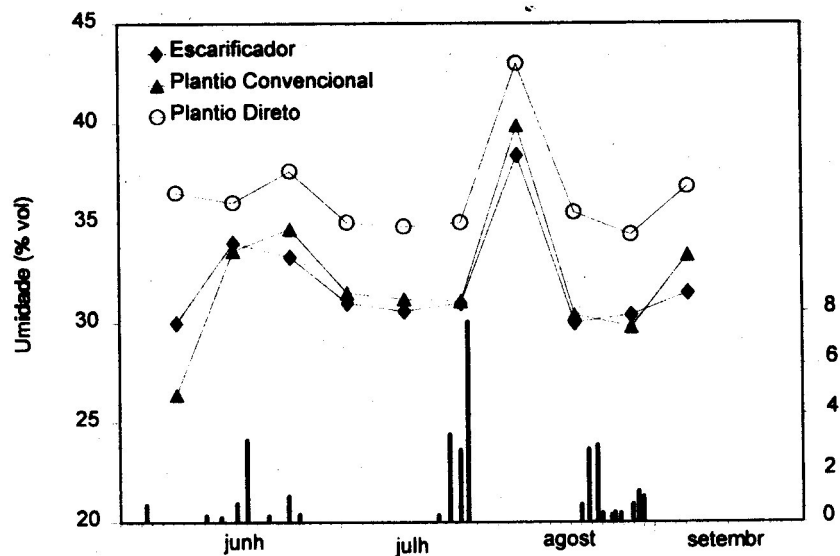


FIGURA 4. Curvas de umidade (% volume) em latossolo roxo durante o ciclo da aveia preta sob três sistemas de preparo do solo na profundidade 0 – 20cm. (Fonte: (ARZENO, 1990).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARZENO, J. L. Avaliação física de diferentes manejos de solo em um latossolo roxo distrófico. Piracicaba, ESALQ/USP, 1990. 259f. (Dissertação de Mestrado).
- BACCHI, O. O. S. Efeitos da compactação sobre o sistema solo-planta em cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). Piracicaba, ESALQ/USP, 1976. 67f. (Dissertação de Mestrado).
- BENATTI, R. L.; BERTONI, J.; MOREIRA, C.A. Perdas por erosão em plantio direto e convencional de milho em dois solos de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 1:121-123, 1977.
- CASTRO, O. M. de. Sistemas de preparo do solo para a cultura do milho. Campinas, Fundação Cargill, 1989. 41 p. (Série técnica, 3).
- CASTRO, O. M. de. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas para milho e soja. Relatório Técnico Anual, Campinas, Instituto Agrônomo, 1991. (mimeografado).
- CASTRO, O. M. de.; VIEIRA, S. R. e DE MARIA, I. C. Sistemas de preparo do solo e disponibilidade de água. In.: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, Campinas, Fundação Cargill, 1987. p.27-51.
- CENTURION, J. F. e DEMATTÊ, J. L. I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 9: 263-266, 1985.

- LAL, R. Influence of tillage methods and residue mulches on soil structure and infiltration rates. In.: Lal, R. and Greenland, (Eds.), Soil physical properties and crop production in the tropics, John Wiley and Sons, Chichester, U. K. 1979. 551p.
- LOMBARDI NETO, F. Práticas conservacionistas em micrôbacias. In: Drugovich, M.I. (coord.); Peche Filho, A.; Carvalho, L.R.V. de.; Silva, J.C.R. da. e Santos, P. dos. Mecanização conservacionista - noções básicas. Campinas, Coordenadoria de assistência Técnica Integral, 1990. p. 93-117.
- ROTH, C. H.e MEYER, B. Infiltrabilidade de um latossolo roxo distrófico durante o período vegetativo da soja sob o preparo convencional, escarificação e plantio direto. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 19º, Curitiba, jul. 1983. Resumo.
- SIDIRAS, N. e ROTH, C. H. Medições de infiltração com infiltrômetros e um simulador de chuvas em latossolo roxo distrófico, Paraná, sob vários tipos de cobertura do solo e sistemas de preparo. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 5º, Porto Alegre, jul. 1984. Resumo.
- SIDIRAS, N.; HENKLAIN, J. C. e DERPSCH, R. Comparison of three different tillage systems with respect to aggregate stability, the soil and water conservation and the yields of soybean and wheat on an Oxisol. In.: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL SOIL TILLAGE RESEARCH ORGANIZATION, 9º, ISTRO, Osjek, Yugoslavia, 1982. p. 537-574.
- SIDIRAS, N.; VIEIRA, S. R. e ROTH, C. H. Determinação de algumas características físicas de um latossolo roxo distrófico sob plantio direto e preparo convencional. Revista Brasileira de Ciência Solo, Campinas, 8(3): 265-268, 1984