

COMPORTAMENTO DE UM LATOSSOLO ROXO DISTRÓFICO, COMPACTADO PELAS RODAS DO TRATOR NA SEMEADURA RENDIMENTOS DE TRÊS CULTURAS¹

N. SIDIRAS² e M.J. VIEIRA³

RESUMO - Num experimento em Latossolo Roxo Distrófico (Oxissolo), localizado no Centro de Produção e Experimentação do IAPAR, em Londrina, PR, foram estudados os efeitos da compactação causada pelas rodas do trator no momento da semeadura, em três sistemas de preparo do solo: convencional, escarificação e plantio direto. Avaliou-se, nas faixas compactadas (sob-rodas) e não compactadas (entre-rodas), a densidade aparente do solo, a retenção de água, o espaço aéreo, a infiltração, os rendimentos de soja (*Glycine max* L. Merrill), trigo (*Triticum aestivum* L.) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.). Nas faixas sob-rodas, principalmente sob preparo convencional e escarificação, houve aumento da densidade aparente do solo e da sua capacidade de retenção de água, diminuindo o espaço aéreo e a infiltração de água no solo. As culturas apresentaram rendimentos significativamente maiores nas faixas sob-rodas, comparados aos obtidos nas faixas entre-rodas. Entre preparos, o plantio direto foi o que proporcionou maiores produções.

Termos para indexação: retenção de água, espaço aéreo, infiltração, encrostamento superficial e rendimentos.

BEHAVIOR OF A DUSKY RED LATOSOL DYSTROPHIC (OXISOL) COMPACTED BY TRACTOR'S WHEELS DURING SOWING: YIELDS OF THREE CROPS

ABSTRACT - In a Dusky Red Latosol dystrophic, a field experiment in which the soil had been tilled in three different systems, measurements were made to compare the effect of the soil surface compaction caused by tractor's wheels after planting on bulk density, water retention, air capacity, infiltration and on yields of wheat, soybeans and oil raddish. In all tillage systems the bulk density and the water retention were found to be higher in the areas compacted by tractor wheels. However, the air capacity and infiltration were decreased in comparison to the non-compacted soil areas. The yields of wheat, soybeans and oil raddish were increased significantly in the compacted areas compared to the non-compacted areas, mainly in the conventional and chisel-plough tillage systems.

Index terms: water retention, air capacity, infiltration, surface crusting and yields.

INTRODUÇÃO

Mais de 50% da superfície do solo pode ser compactada pelas rodas do trator apenas na semeadura (Kouwenhoven 1970). O grau ou nível de compactação atingido nesta operação depende, dentre outras variáveis, do sistema de preparo do solo, da umidade da camada preparada no momento do plantio, da presença de resíduos culturais, da estrutura do solo e, obviamente, do peso do trator, largura das rodas, etc.

Em alguns ensaios de manejo e conservação de solos existentes no IAPAR, verificou-se que, durante chuvas erosivas, o tempo para início do escorrimento variava de local para local, dentro de uma mesma parcela. Observou-se que nas faixas

onde haviam passado as rodas do trator e da semeadeira, o escorrimento superficial começava apenas alguns minutos após o início da chuva, enquanto nas faixas onde o solo não havia sofrido o efeito das rodas, o escorrimento superficial começava bem mais tarde, principalmente após a formação de uma fina camada de selamento superficial⁴. Observou-se, também, que as culturas apresentavam um comportamento diferente, principalmente em termos de crescimento, tonalidade de cor, etc. Todas estas, obviamente, foram apenas observações visuais, mas serviram para chamar a atenção para um problema até então não estudado em nossas condições, ou seja, o efeito das rodas do trator sobre o solo já preparado, em termos de modificações físico-hídricas do perfil e produção das culturas, que constitui o objeto de estudo do presente trabalho.

¹ Aceito para publicação em 4 de julho de 1984.

Parte do trabalho apresentado no XIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Curitiba, 17 a 24 de julho de 1983.

² Eng. - Agr., Ph.D., IAPAR, Caixa Postal 1331, CEP 86100 Londrina, PR.

³ Eng. - Agr., M.Sc., IAPAR.

⁴ Camada superficial de espessura variável, formada pela desagregação do solo pelo impacto das gotas de chuva. Traduzido do inglês "surface sealing".

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido dentro de um experimento principal nos anos de 1982 e 1983, no Centro de Produção e Experimentação do IAPAR, em Londrina, PR, em área de Latossolo Roxo distrófico (Oxisolo), cujas características físicas são apresentadas na Tabela 1.

O experimento principal, de preparo de solo e rotações de culturas, vinha sendo conduzido desde 1977, onde eram comparados três sistemas de preparo (plantio direto, escarificação e preparo convencional compreendendo 1 aração e 2 gradagens niveladoras) e três rotações de culturas (soja-trigo, soja-trigo + cobertura verde de primavera e soja-cobertura verde de inverno), em parcelas de 320 m² (10 x 32) de área. Mais detalhes sobre este experimento podem ser obtidos em Kemper & Derpsch (1980/81), Sidiras et al. (1982 e 1983).

No momento da sementeira das culturas, o tráfego foi controlado, demarcando-se as faixas onde passaram as rodas do trator. Os estudos foram então realizados, utilizando-se, como locais de amostragem três faixas compactadas pelas rodas e três faixas não compactadas pelas rodas, dentro de cada parcela do ensaio principal. Portanto, sendo os tratamentos do ensaio principal repetidos quatro vezes, cada parâmetro foi medido em doze locais compactados pelas rodas do trator e doze não compactados.

Trincheiras foram abertas em cada faixa, para retirada de amostras de solo com estrutura inalterada, nas profundidades de 0-6 cm, 12-20 cm e 22-28 cm em 14/04/82 e 28/05/82. Nestas amostras foram determinadas a densidade aparente (método do anel volumétrico), a porosidade total, a distribuição do tamanho de poros, a retenção de água (método da panela de pressão e equipamento de membrana de Richards), descritos em Oliveira & Paula (1979), além do espaço aéreo, nos potenciais de -0,06; -0,33 bar e -1,0 bar, pelo picnômetro de ar (Schlichting & Blume 1966).

A infiltração foi medida com infiltrômetro de anéis duplos de acordo com Haise et al. (1956), na superfície do solo e 18 cm abaixo da superfície, em abril de

1982, logo após a colheita da soja, em setembro de 1982, logo após a colheita do trigo, em dezembro de 1982, 40 dias após a sementeira da soja, e em março de 1983, após a colheita da soja. Além disso, mediu-se, nas faixas compactadas pelas rodas, o efeito do selamento e do encrostamento superficial sobre a infiltração, durante a cultura da soja 81/82.

Na operação de sementeira foi utilizado um trator de 85 HP, com peso de 4.400 kg, pneus traseiros de 43 cm de largura e bitola de 1,80 m.

As culturas de soja (cultivar Paraná), trigo (cultivar Mitacoré) e nabo forrageiro foram tratadas de acordo com as recomendações disponíveis em termos de população, adubação, tratos culturais e fitossanitários. A colheita das culturas foi realizada manualmente, em uma área de 1 m² por local de amostragem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todos os tipos de preparo ocorreu o aumento da densidade aparente nas faixas sob as rodas do trator em relação às faixas entre-rodas, conforme é mostrado na Tabela 2. No preparo convencional, as densidades nas profundidades de 0-6, 12-20, e 22-28 cm, foram respectivamente, 41,2%, 17,2% e 2,9% mais elevadas nas faixas sob as rodas. Sob escarificação, estas diferenças foram da ordem de 24,1%, 13,4% e 0,9% e, no plantio direto, 7,4%, 1,7% e 0,9%, respectivamente, para as mesmas profundidades. Observa-se, portanto, que o preparo convencional foi o mais susceptível à variação dos valores de densidade aparente pelas rodas do trator por ocasião da sementeira. Em plantio direto, pode-se dizer que apenas a camada superficial foi afetada.

Nas camadas de 0-6 cm e 12-20 cm, nas faixas sob-rodas houve um aumento substancial da densi-

TABELA 1. Propriedades físicas do solo Latossolo Roxo distrófico onde o estudo foi realizado.

Horizontes e profundidade em cm	Argila	Silte	Areia	Densidade aparente	Retenção de água		
					0,06	0,33	15
					bar		
		%		g/cm ³	% vol.		
Ap ₁ 0-10	70	21	9	0,96	40,7	37,3	25,0
Ap ₂ 10-20	71	22	7	1,16	38,1	34,9	25,0
B ₁ 20-40	76	19	5	1,10	38,3	35,2	26,1
B ₂ 40-60	78	15	7	1,02	39,9	35,4	26,9

TABELA 2. Influência da compactação do solo pelas rodas do trator, na semeadura, sobre algumas propriedades físicas (média de amostragens de 14.4 e 28.5.82), em Latossolo Roxo distrófico.

Sistema de preparo do solo	Faixas compactadas pelas rodas do trator					Sem compactação pelas rodas do trator					
	Densidade aparente g/cm ³	Porosidade total % vol.	Distribuição dos poros % vol.	Densidade aparente g/cm ³	Porosidade total % vol.	Distribuição dos poros % vol.	Densidade aparente g/cm ³	Porosidade total % vol.	Distribuição dos poros % vol.		
			> 10 μ	10-0,2 μ	< 0,2 μ				> 10 μ	10-0,2 μ	< 0,2 μ
Convencional	1,20**	55,9	18,3	10,0**	27,0**	Profundidade: 0-6 cm					
Escarificação	1,08**	60,1	24,3	10,4**	25,4**	20,3	10,2**	26,7**	43,1**	68,7**	6,0
Plantio direto	1,02**	62,3	26,3	11,5**	24,5*	23,7	9,9*	25,9*	39,3**	67,7**	8,0
P = 0,05 =	0,05	4,1	5,2	-	2,2	18,7	8,9	28,6	36,1**	65,1*	6,2
						5,0	-	2,0	4,3	3,6	2,0
Convencional	1,16**	57,2	20,3	10,2**	26,7**	Profundidade: 12-20 cm					
Escarificação	1,10**	59,5	23,7	9,9*	25,9*	20,3	10,2**	26,7**	33,6**	63,5**	7,1
Plantio direto	1,19*	56,2	18,7	8,9	28,6	23,7	9,9*	25,9*	33,1**	64,3**	8,4
P = 0,05 =	0,04	3,1	5,0	-	2,0	18,7	8,9	28,6	18,7	56,6	9,8
						5,0	-	2,0	6,8	4,9	2,1
Convencional	1,08*	60,1	23,3	12,0	24,8	Profundidade: 22-28 cm					
Escarificação	1,08	60,0	22,5	12,1	25,4	23,3	12,0	24,8	24,0	61,3*	13,1
Plantio direto	1,08	60,2	22,9	11,4	25,9	22,5	12,1	25,4	23,4	60,4	11,9
P = 0,05 =	-	-	-	-	-	22,9	11,4	25,9	23,6	60,6	11,3

* Diferenças significativas a p = 0,05, entre sem e com compactação

** Diferenças significativas a p = 0,01, entre sem e com compactação

dade aparente no preparo convencional, pois, pode-se verificar que, sendo o preparo convencional o que apresentou menores valores de densidade aparente nas faixas entre-rodas, também foi o que apresentou os valores mais elevados nas faixas sob-rodas. A escarificação ocupou sempre uma posição intermediária. Na profundidade de 22-28 cm, a densidade aparente não foi afetada significativamente nem pelo tipo de preparo nem pelas rodas do trator.

O comportamento da densidade obviamente afetou a porosidade total do solo e sua distribuição por tamanho, como pode ser observado na Tabela 2.

Neste solo, e principalmente no sistema do preparo convencional, a camada revolvida pelos implementos de preparo apresenta valores de densidade aparente abaixo de $1,0 \text{ g/cm}^3$, havendo, portanto, um volume de poros grandes extremamente elevado. A diminuição deste volume proporcionaria, segundo Benkenstein & Ehwald (1978), Giesl et al. (1971), Gliemeroth (1953), Hartge & Bailly (1970), Ehlers (1976a, 1976b), Reichardt (1978), e Sidiras (1982) citado por Voss (1983), maior umidade da camada superficial, temperaturas mais equilibradas na camada de semeadura, maior volume do solo por unidade de raiz e melhores condições para absorção de nutrientes.

Com relação à retenção de água pelo solo, verificou-se que nos três potenciais houve aumentos substanciais nas faixas sob-rodas, comparadas às faixas entre-rodas (Tabela 3). Este fato já era esperado, uma vez que, as faixas sob-rodas apresentaram volume de poros $> 10\mu$ bastante reduzido em relação às faixas entre-rodas. De acordo com a variação da densidade aparente e do volume e tamanho de poros, as variações na retenção de água foram mais elevadas no preparo convencional e mais baixas no plantio direto.

Portanto, a compactação pelas rodas do trator apresentou um efeito positivo na retenção de água, comparando-se ao solo que não sofreu tal compactação. A maior retenção de água pelo solo obviamente diminuiu o espaço aéreo nos mesmos potenciais, porém, em nenhum dos casos atingiu limite mínimo crítico, definido como 15% por

Lieberoth (1969), Scheffer & Schachtschabel (1976) e De Haan & Van Der Valk (1970).

Os dados de infiltração medida na superfície do solo, nas quatro épocas de estudo, encontram-se na Fig. 1. Nas faixas sob-rodas, a infiltração foi menor no sistema de preparo convencional e superior no plantio direto, enquanto que nas faixas de solo não compactadas pelas rodas, nas duas primeiras épocas, no plantio direto foram medidas as menores taxas de infiltração. Nas outras duas épocas, em todos os casos, a infiltração foi bastante reduzida, porém no preparo convencional os valores foram mais baixos que no plantio direto e escarificação. Isto se explica pelo efeito do selamento superficial e adensamento ocorrido principalmente no preparo convencional devido às intensas chuvas do período. Estes dados confirmam a maior susceptibilidade do preparo convencional em termos de mudanças no comportamento físico-hídrico, comparado ao plantio direto e escarificação. Vieira & Muzilli (1984) também verificaram que a infiltração de água no solo em preparo convencional está correlacionada com a densidade aparente e o volume de macroporos da camada superficial.

Também na Fig. 1 encontram-se as curvas de infiltração medidas na profundidade de 18-34 cm, nas mesmas épocas das medições na superfície. Neste caso, as diferenças entre sistemas de preparo e faixas compactadas e não-compactadas foram menores que as diferenças observadas nas medições de superfície. No entanto, as diferenças para tipo de preparo foram mais evidentes do que para as faixas sob-rodas e entre-rodas, confirmando o menor efeito das rodas do trator, por ocasião da semeadura, nesta camada de solo.

Antes do início do experimento propriamente dito, mediu-se o efeito do selamento e encrostamento superficial sobre a infiltração da água no solo, apenas nas faixas compactadas pelas rodas do trator. Os resultados encontram-se na Fig. 2. Nas duas épocas de estudo obtiveram-se aumentos de infiltração nos tratamentos de preparo convencional e escarificação, pela quebra das crostas superficiais, escarificando-se manualmente 5 mm da superfície do solo. Ao contrário, no plantio direto a infiltração diminuiu quando a superfície foi escarificada, o que pode ser atribuído, segundo

TABELA 3. Influência da compactação do solo pelas rodas do trator, na semeadura, sobre a retenção de água e a capacidade de ar (Média de amostragens de 14 abril e 28 maio de 1982), em Latossolo Roxo distrófico.

Sistemas de preparo do solo	Faixas compactadas pelas rodas do trator				Sem compactação pelas rodas do trator				
	Retenção de água % vol.	Capacidade de ar % vol.	Retenção de água % vol.	Capacidade de ar % vol.	Retenção de água % vol.	Capacidade de ar % vol.	Retenção de água % vol.	Capacidade de ar % vol.	
	0,06	0,33	1	0,06	0,33	1	0,06	0,33	1
	bar				bar				
	Profundidade: 0 - 6 cm								
Convencional	43,5**	37,6**	35,9**	24	33,3	25,6	23,6	45**	51**
Escarificação	41,8**	35,9**	34,1**	28	35,1	28,4	26,6	44**	48**
Plantio direto	43,0**	36,1**	34,4**	32	36,3	29,0	28,1	36**	41**
P = 0,05 =	1,0	1,2	1,3	4	1,6	1,8	2,1	6	7
	Profundidade: 12 - 20 cm								
Convencional	44,4**	36,9**	33,9**	25	38,1	29,9	28,2	36**	42**
Escarificação	41,7**	35,8**	33,9**	28	38,1	31,2	29,7	37**	42**
Plantio direto	46,0*	40,5*	39,0*	22	44,1	37,4	36,1	23	28
P = 0,05 =	2,5	1,0	1,6	3	1,9	1,5	2,4	8	10
	Profundidade: 22 - 28 cm								
Convencional	44,0	36,9	35,2	27	44,9	36,4	35,6	28	34
Escarificação	43,3	37,5	36,3	27	43,4	37,0	35,7	29	34
Plantio direto	43,8	37,3	35,5	28	43,5	37,0	35,5	28	32
P = 0,05 =	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Diferenças significativas a p 0,05, entre sem e com compactação

** Diferenças significativas a p 0,01, entre sem e com compactação.

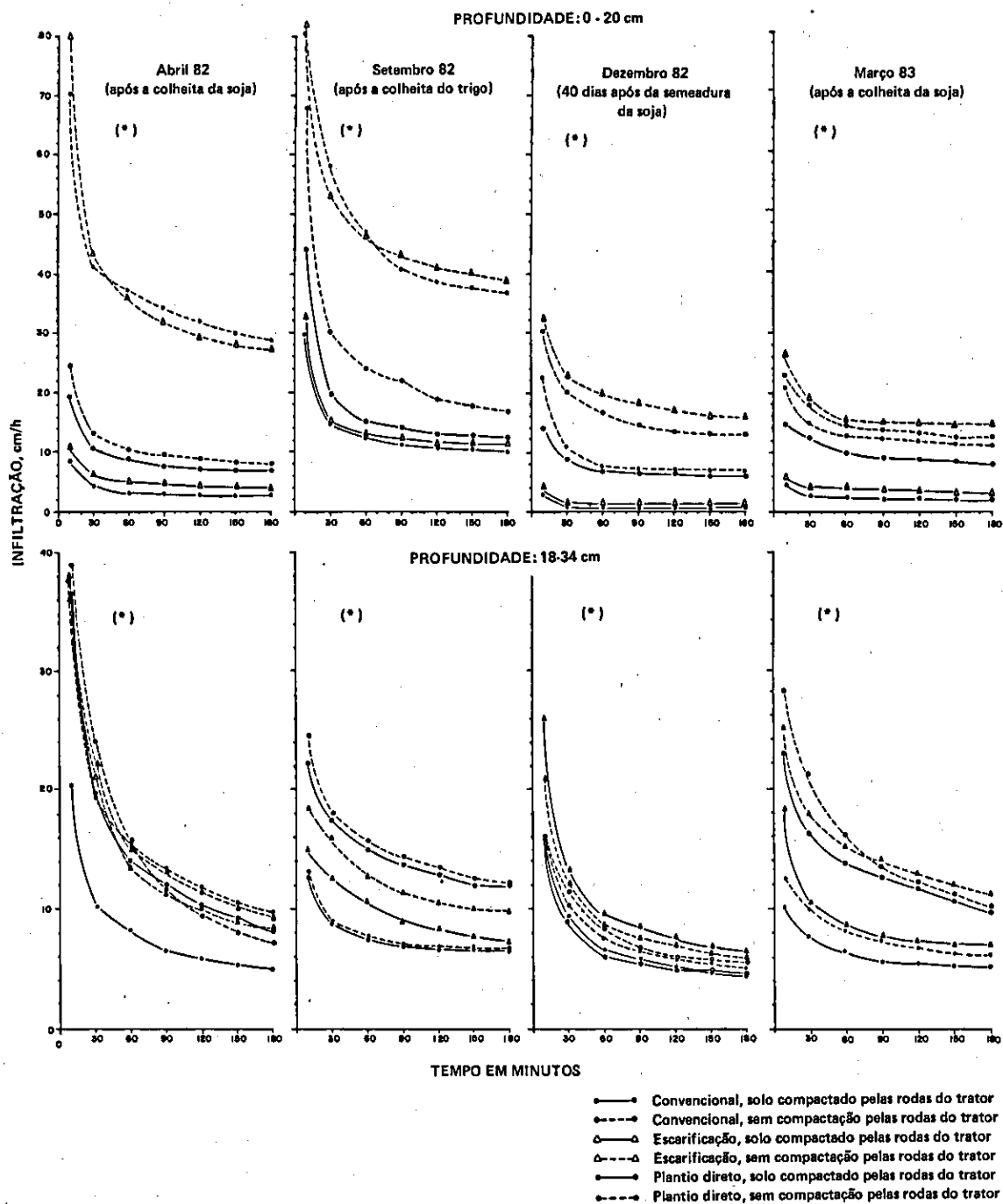


FIG. 1. Taxas de infiltração nas profundidades de 0-20 cm e 18-34 cm com e sem compactação pelas rodas do trator, em vários sistemas de preparo do solo e épocas. (Latossolo Roxo distrófico).

* Cada ponto das curvas representa a média de 12 repetições.

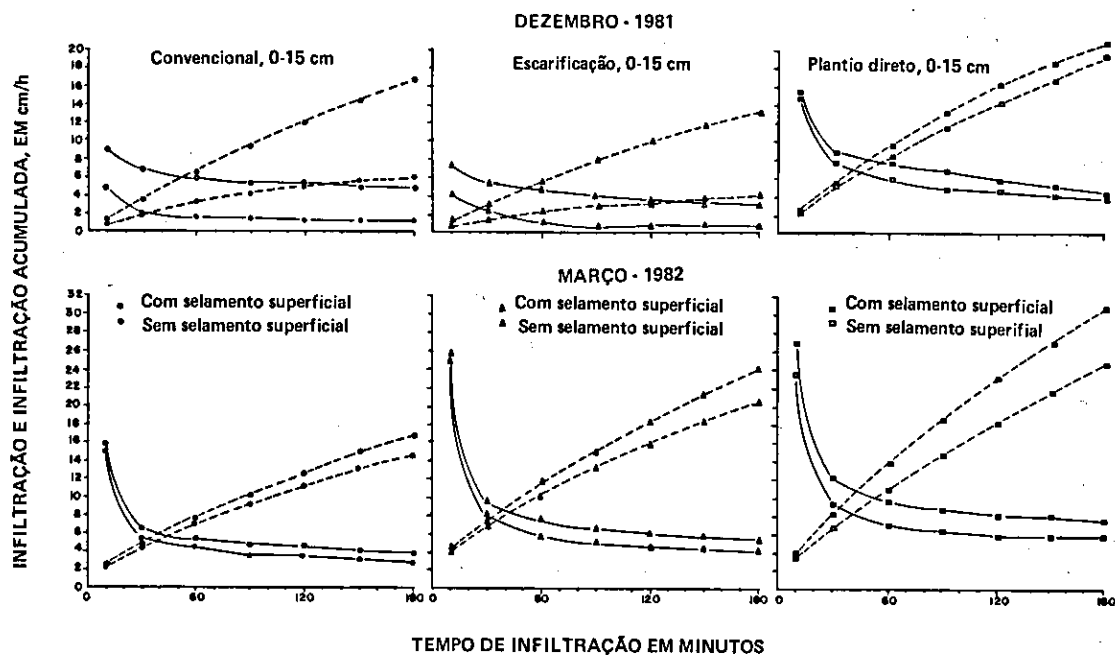


FIG. 2. Influência do selamento superficial (0-5 mm) sobre a infiltração (—) e infiltração acumulada (- - -) em três sistemas de preparo do solo, em dezembro de 1981 e março de 1982 (nas faixas compactadas pelas rodas do trator). Latossolo Roxo distrófico.

Ehlers (1975), à interrupção da porosidade do solo, provocando a sua obstrução.

Como pode ser observado na Tabela 4, os rendimentos de trigo (grãos + palha e grãos) foram mais elevados nas faixas compactadas pelas rodas do trator, dentro do sistema de preparo convencional e escarificação. No plantio direto, apenas houve diferença para produção de grãos em 1983, evidenciando as menores diferenças ocorridas no solo, entre as faixas compactadas e não-compactadas. Os rendimentos maiores obtidos nas faixas compactadas podem ser atribuídos a um melhor balanço ar-água na camada superficial de, aproximadamente, 20 cm de espessura, nos tratamentos onde o solo foi revolvido e solto. No plantio direto, esta camada não é revolvida e apresenta naturalmente um balanço mais favorável, além de ser menos afetada pelas máquinas.

Os rendimentos de trigo, em 1982, correlacionaram-se principalmente com o número de espigas/m² (r = -0,80**) e com o peso de 1.000 sementes (r = 0,76*); e em 1983, com o número de sementes/espiga (r = 0,83**), peso de 1.000 sementes (r = 0,59**) e número de espigas/m² (r = 0,52*).

No caso da soja, somente no sistema de preparo convencional foi verificada diferença significativa entre os rendimentos das faixas compactadas e não-compactadas, tendo, a compactação superficial pelas rodas, favorecido a produção. A produção de soja correlacionou-se com número de vagens/m² (r = 0,94**) e o peso de 1.000 sementes (r = 0,72**).

A compactação pelas rodas do trator favoreceu também a produção de massa seca do nabo forrageiro, nos tratamentos de preparo convencional e escarificação, estando a produção correlacionada com o número de plantas/m² (r = 0,63**).

TABELA 4. Rendimentos (peso seco) e parâmetros de rendimentos de trigo (1982 e 1983), soja 1982/83 e nabo forrageiro (1983) com e sem compactação da superfície pelas rodas do trator na semeadura, em três sistemas de preparo do solo (Latossolo Roxo distrófico).

Rendimento e parâmetros	Sistemas de preparo					
	Plantio convencional		Escarificação		Plantio direto	
	com compactação	sem compactação	com compactação	sem compactação	com compactação	sem compactação
Trigo, 1982¹						
Grãos + palha (g/m ²)	215*	194	335*	294	341	338
Grãos (g/m ²)	46**	29	53*	43	90	82
Espigas/m ²	220	247*	296	323*	369	359
Peso de 1.000 sementes	30*	27	32*	28	33*	29
Trigo, 1983						
Grãos + palha (g/m ²)	727**	473	722*	560	701	626
Grãos (g/m ²)	214**	132	208**	158	209*	177
Espigas/m ²	382*	345	388	387	347	334
Nº de grãos/espiga	17,1*	14,1	19,3*	15,8	18,0	16,8
Peso de 1.000 sementes	36,5**	32,0	36,4	33,9	38,5*	36,1
Soja, 1982/83						
Grãos + palha (g/m ²)	359**	272	339	309	387	373
Grãos (g/m ²)	173**	149	135	129	179	182
Plantas/m ²	30	28	34	36	42	38
Nº de vagens/m ²	820**	650	694	682	892*	850
Peso de 1.000 sementes	97,4*	92,7	99,6	94,0	99,4	102,9
Nabo forrageiro, 1983						
Peso seco (g/m ²)	1094*	891	1059*	945	1113	1054
Plantas/m ²	218*	191	231*	216	216	212

* Diferença estatisticamente significativa por P = 0,05, entre com e sem compactação.

** Diferença estatisticamente significativa por P = 0,01 entre com e sem compactação.

CONCLUSÕES

1. A compactação do solo pelas rodas do trator durante a semeadura das culturas apresentou um efeito positivo em termos de retenção de água, crescimento e rendimento de trigo, soja e nabo forrageiro, principalmente nos tipos de preparo onde a camada superficial foi revolvida (convencional e escarificação).

2. Nas faixas sob as rodas do trator houve diminuição do volume de macroporos (> 10μ), do espaço aéreo e da infiltração.

3. A destruição do selamento superficial (0-5 mm), nas faixas compactadas, aumentou a infiltração nos sistemas de preparo convencional e escarificação, e a reduziu no sistema de plantio direto.

4. Para este solo, o estudo mostra que as condições criadas com o revolvimento da camada arável não são as mais favoráveis para a produção dessas culturas, e que a obtenção de melhores relações ar-água em toda a superfície do terreno poderiam trazer aumentos de produtividade.

REFERÊNCIAS

- BENKENSTEIN, H. & EHWALD, E. Ueber korrelative Beziehungen zwischen dem Kf-Wert und anderen Eigenschaften von Oberbruchboeden. Arch. Acker-Pflanzenbau, Bodenkde, Berlin, 22:23-31, 1978.
- DE HAAN, F.A.M. & VAN DER VALK, G.G.M. Effect of Compaction on physical properties of soil and root growth of ornamental bulbs. In: INT. SYMP. ON FLOWER BULBS, 1., Noordwijk, 1970. Proceedings... p.135.

- EHLERS, W. Observation on Earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess soil. *Soil Sci.*, 119(3), 1975.
- EHLERS, W. Zur Bestimmung der ungesättigten Wasserleitfähigkeit im Felde. A. *Pflanzenernährg., Bodenkde.*, 139:417-27, 1976a.
- EHLERS, W. Water infiltration and redistribution in tilled and untilled loess soil. *Goettinger Bodenkdl. Ber.*, 44:137-56, 1976b.
- GIESL, W.; RENGER, M. & STREBEL, O. Berechnung des kapillaren Aufstiegs aus dem Grundwasser in den Wurzelraum unter stationären Bedingungen. *Z. Pflanzenernährg., Bodenkde.*, 132:17-30, 1971.
- GLIEMEROTH, G. Untersuchungen ueber Verfestigungs- und Verlagerungsvorgaenge im Ackerboden unter Rad- und Raupenfahrzeugen. *Z. Acker- Pflanzenbau*, 96(2):219-34, 1953.
- HAISE, H.R.; DONNAN, W.W.; PHELAN, J.T.; LAW-HON, L.F. & SHOCKLEY, D.G. The use of cylinder infiltrometers to determine the intake characteristics of irrigated soils. Washington, DC, A.R.S. and S.C.S., USDA, 1956. 10p.
- HARTGE, K.H. & BAILLY, F. Die Porenkontinuität bei unregelmäßig verteilten wasserleitfähigkeitswerten von Stechzylinderproben aus Loessböden. *Geoderma*, 4:140-9, 1970.
- KEMPER, B. & DERPSCH, R. Results of studies made in 1978 and 1979 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. *Soil and Tillage Res.*, 1:253-67, 1980/81.
- KOUWENHOVEN, J.K. Spring Cultivations and Wheeltracks. *J. Agric. Eng. Res.*, 15(1):17-26, 1970.
- LIEBEROTH, J. *Bodenkunde: Bodenfruchtbarkeit*. Berlin, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, 1969.
- OLIVEIRA, L.B. de & PAULA, J.L. de. Análises físicas. In: OLIVEIRA, L.B. Coord. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNLCS, 1979. Part. 1.
- REICHARDT, K. *A água na produção agrícola*. s.l., Ed. McGraw-Hill do Brasil, 1978.
- SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. *Lehrbuch der Bodenkunde*. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag, 1976.
- SCHLICHTING, E. & BLUME, H.P. *Bodenkundliches Praktikum*. Hamburg und Berlin, Verlag Paul Parey, 1966.
- SIDIRAS, N.; HENKLAIN, J.C. & DERPSCH, R. Vergleich von drei Bodenbearbeitungsverfahren in bezug auf einige physikalische Eigenschaften, Boden- und Wasserkonservierung und Ertrage von Soja und Weizen auf einem Oxisol. *Z. Acker- Pflanzenbau*, 151:137-48, 1982.
- SIDIRAS, N.; DERPSCH, R. & MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em Latossolo Roxo distrófico (Oxisol). *R. bras. Ci. Solo*, 7:103-6, 1983.
- VIEIRA, M.J. & MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 19(7): 873-82, 1984.
- VOSS, M. Fixação biológica de nitrogênio. In: *CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM FERTILIDADE DO SOLO*. Londrina; Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1983. p.125-46.