

PHILLIPS, R.E. Soil moisture. In: PHILLIPS, R.E.; THOMAS, G.W. & BLEVINS, R.L. **No-tillage research**; research reports and reviews. Lexington, University of Kentucky/College of Agric. and Agric. Exp. Sta, 1981.

RIECK, C.E. & HERRON, J.W. Weed control in not-till corn and soybeans. In: CONFERENCE OF NO-TILLAGE RESEARCH, Lexington, Ky, 1974. **Proceedings**. . . Lexington, University of Kentucky, 1974. p. 42-5.

SCHULTE, E.E. Fertility needs under conservation. **Crops and Soils Magazine**, 31: 10-1, jan. 1979.

SHANHOLTZ, V.O. & LILLARD, J.H. Tillage system effects on water use efficiency. **J. of Soil and Water Conservation**, 24: 186-9, 1969.

SIDIRAS, N. & ROTH, C.H. Medições de infiltração com infiltrômetros e um simulador de chuvas em Latossolo Roxo distrófico, Paraná, sobre vários tipos de cobertura de solo e sistema de preparo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 5., Porto Alegre, RS, 1984. **Anais**. . . Porto Alegre, 1984.

SINGH, T.A.; THOMAS, G.W.; MOSCHLER, W.W. & MARTENS, D.C. Phosphorus uptake by corn (*Zea mays* L.) under no-tillage and conventional practices. **Agron. J.**, 58: 147-8, 1966.

SMITH, E.S. & LILLARD, J.H. Development of no-tillage cropping systems in Virginia. **Transaction of the ASAE**, 19: 262-5, 1976.

TRIPLETT Jr., G.B.; VAN DOREN Jr., D.M. & SCHMIDT, B.L. Effect of corn (*Zea mays* L.) stover mulch on no-tillage corn yield and water infiltration. **Agron. J.**, 60: 236-9, 1968.

VAN DOREN Jr., D.M. Influence of plowing, disking, cultivation, previous crop, and surface residues on corn yield. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 29: 595-7, 1965.

VAN DOREN Jr., D.M.; TRIPLETT Jr., G.B. & HENRY, J.E. Long-term influence of tillage, rotation, and soil corn yield. **Ohio Report** (Sept/Oct): 80-2, 1975.

Compactação do solo

Evandro Chartuni Mantovani 1/

Nos últimos anos, com a expansão da fronteira agrícola, com a utilização de várzeas para plantio e com a exploração de duas culturas anuais, estabelecida em cronogramas de trabalho bem definidos e apertados, tem-se observado uma intensa movimentação de máquinas e equipamentos agrícolas para o manejo do solo e plantio das culturas exploradas. Também tem-se verificado um acréscimo indiscriminado de peso e de potência dos tratores utilizados, devido à falta de um critério no dimensionamento e na seleção dos implementos e tratores por parte dos agricultores, quando da sua aquisição. Tais situações têm contribuído para um aumento de áreas com problemas de compactação. Estes problemas têm sido uma preocupação por parte dos agricultores e, coincidentemente, começam a chamar atenção nas áreas onde a prioridade dos trabalhos com máquinas e implementos se restringe somente ao rendimento operacional (ha/h), e a qualidade do trabalho com o solo, ou seja, o manejo adequado dele tem sido considerado como secundário.

O volume total de um solo é constituído do volume das partículas minerais e orgânicas do solo e do volume de poros entre as partículas. O volume de um poro é ocupado com água e/ou ar. O solo está compactado quando a proporção do volume total de poros para o do solo é inadequada ao máximo desenvolvimento de uma cultura ou manejo eficiente do campo. A compactação do solo pode ser considerada em relação à porosidade e densidade do solo e à resistência à penetração.

A exploração de grandes áreas requer uma alta capacidade efetiva de trabalho (ha/h) dos equipamentos agrícolas e, conseqüentemente, o uso de alguns equipamentos, como a grade pesada, tem sido quase uma constante no preparo do solo. Nesta situação, a qualidade do manejo do solo cai, e

a eficiência de trabalho aumenta.

Nos projetos de irrigação nas várzeas, os tabuleiros atendem aos requisitos de drenagem e irrigação, mas, de maneira geral, podem estar mal dimensionados e inadequados para os tipos, tamanho e peso de máquinas que estão trafegando nestes solos. É importante ressaltar que anualmente a drenagem superficial tem diminuído, e o teor de umidade do solo para trabalho com máquinas vai aumentando, dificultando os trabalhos de preparo de solo pela baixa eficiência de tração, causada pela alta percentagem de patinagem dos tratores. Para compensar esta alta porcentagem de patinagem do trator, e para que este possa desenvolver uma velocidade operacional adequada, tratores de grande potência e peso são utilizados. Grande parte desta potência está sendo desperdiçada na roda pela patinagem, e o aumento de peso está contribuindo para a depreciação do solo. Além disso, no trabalho de colheita, as colheitadeiras automotrizes trafegam com uma elevada carga nestes solos com alta umidade, depreciando-os.

Resultados de pesquisa no Brasil e no exterior mostram ser possível ao agricultor atender ao cronograma estabelecido, trabalhando com um bom rendimento operacional, sem depreciar o solo. Para tanto, alguns conceitos básicos terão que ser adotados e avaliados para melhor utilização do solo e da máquina.

Os tratores agrícolas deverão tracionar seus implementos, mantendo um alto rendimento de tração (RT = potência na barra de tração/potência do motor). Para tanto, a porcentagem de patinagem das rodas deverá ficar nos limites de 8 a 16%, dependendo das seguintes condições do solo: a) firme - condição do solo que precede o seu preparo; b) cultivado - condição do solo após o seu preparo com arado; c) macio - condição do solo após a gradagem de destorroamento e nive-

1/ Eng^o Agr^o, Ph.D. - Pesq./EMBRAPA/CNPMS - Caixa Postal 151 - 35.700 Sete Lagoas-MG.

lamento, como mostra a Figura 1. Após o dimensionamento da potência requerida para tracionar os implementos selecionados, espera-se que o trator se mantenha dentro deste limite, adicionando lastro, quando este valor ultrapassar 16% ou retirando lastro quando este valor ficar abaixo de 8%. Outras maneiras são conhecidas

para melhorar a eficiência de tração, como, por exemplo, a escolha de pneus mais adequados para as diferentes situações de solo. Os pneus arroseiros, de gomos mais altos, foram desenvolvidos para atingir as zonas mais firmes do solo e manter um alto rendimento de tração.

O teor de umidade tem grande in-

fluência no processo de compactação do solo. A Figura 2 mostra uma relação entre o teor de umidade e a densidade global de um Latossolo Vermelho-escuro, quando submetido a três energias de compactação. Na prática, esta energia de compactação representa o número de passadas do trator no solo. Pode-se verificar que cada curva aponta um teor de umidade ótimo, que favorece a obtenção de valor máximo de densidade, ou seja, de compactação, ficando este teor próximo ao de umidade correspondente à capacidade de campo. É interessante que se obtenha uma curva de compactação para cada tipo de solo e que se evite o trabalho com máquinas próximo a este ponto de ótimo teor de umidade. Outro fato importante a notar é que, à medida que a energia de compactação aumenta, é necessário uma quantidade menor de água para se alcançar o máximo de compactação; isto serve de alerta para os equipamentos mais pesados.

Uma outra variável a ser considerada no processo de compactação é a textura do solo. Solos, cuja constituição seja de partículas do mesmo tamanho, são menos susceptíveis ao processo de compactação, comparados àqueles onde há mistura de argila, silte e areia. Isto se deve ao fato de as partículas de tamanhos diferentes se arranjam e preencherem os poros, quando submetidas a uma pressão no solo. As pressões aplicadas à superfície do solo por um pneu de trator são aproximadamente iguais àquela de inflar um pneu. Entretanto, em alguns pontos, como no gomo do pneu e nas partes laterais dos aros, ocorrem pressões maiores, localizadas. As pressões geradas na subsuperfície do solo são chamadas de contato, que é a carga total aplicada à superfície do solo, distribuída na área de contato com o solo (Fig. 3).

No caso dos tratores, esta área de contato com o solo, mencionada na Figura 3, são as rodas e, no caso dos implementos, como o arado e as grades, são os discos. Por este motivo é que as grades pesadas são consideradas agentes de compactação, pois o peso total do equipamento é distribuído numa área muito pequena do disco. O volume de poros destruídos

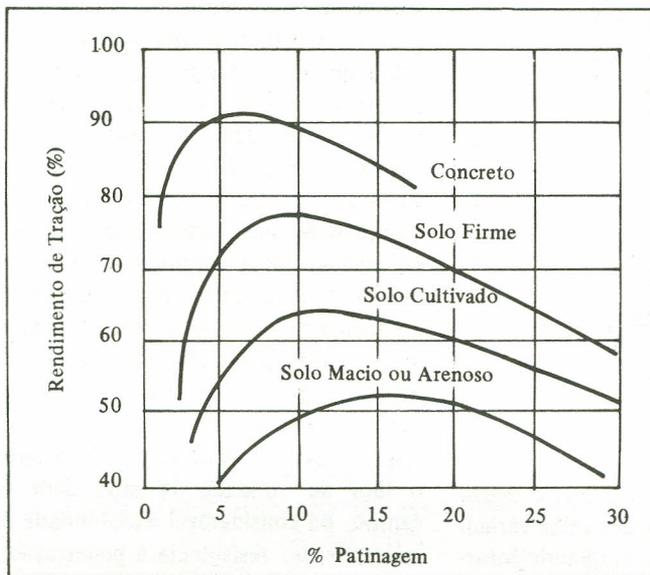


Fig. 1 - Rendimento de tração X porcentagem de patinagem do pneu para um trator de tração das rodas traseiras. Fonte: ASAE (1985).

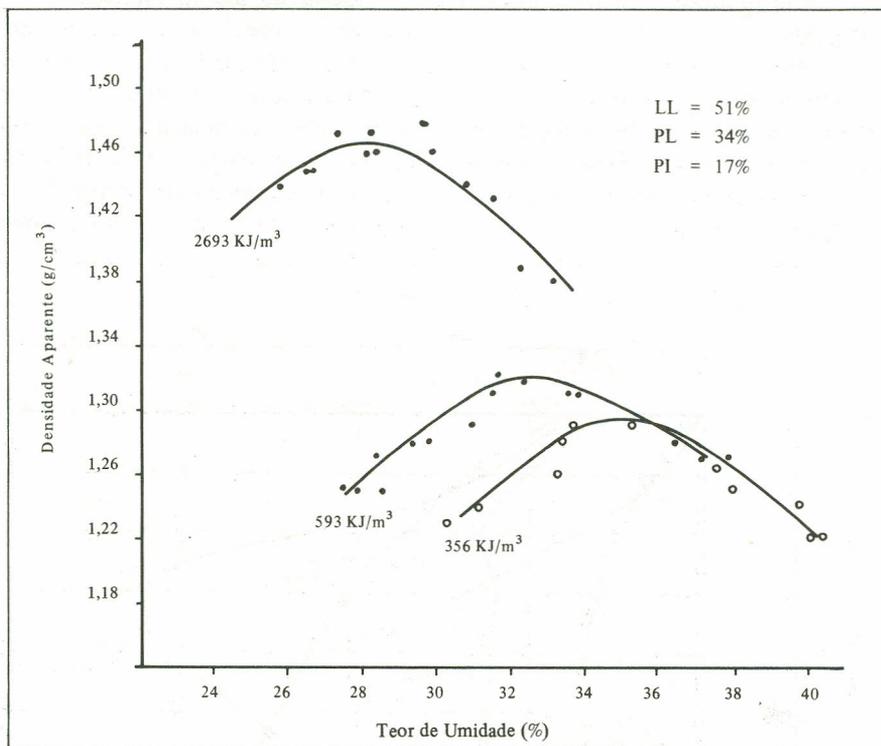


Fig. 2 - Curva de compactação do Latossolo Vermelho-escuro. Fonte: Mantovani et al (1984).

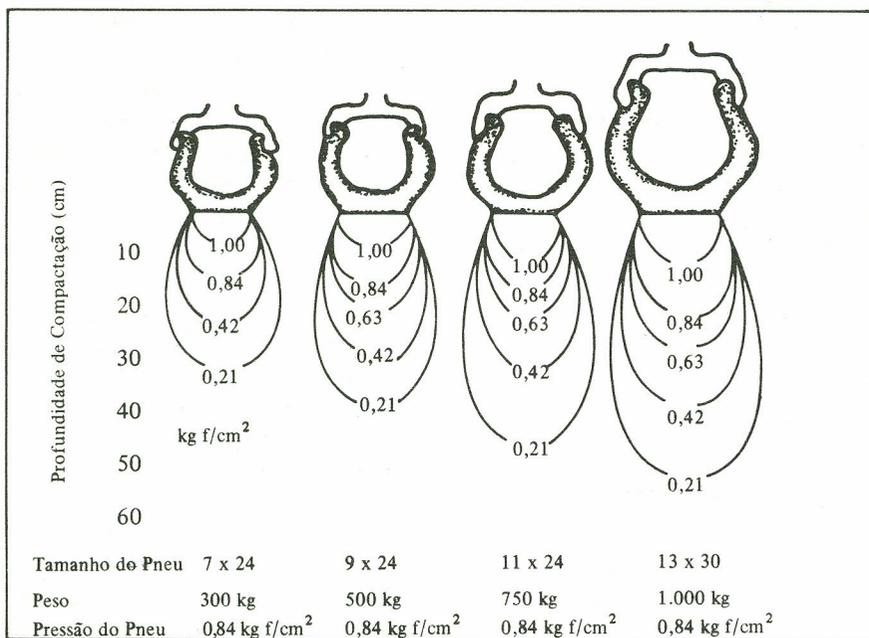


Fig. 3 – Efeito da pressão vertical (usando a equação modificada Boussinesq) sob vários tamanhos de pneu. Fonte: Chancellor (1977).

no solo por um equipamento agrícola, devido à compactação, é igual ao volume do sulco produzido pelo equipamento.

POROSIDADE E DENSIDADE DO SOLO

O melhor método direto para determinar a compactação do solo é o da densidade global do solo a qual é o peso de solo seco a 105 - 110°C, por unidade de volume total do solo, expressa em g/cm³.

A porosidade de um solo é a razão do volume total de poros para o de solo, usualmente expressa em porcentagem. Pode ser determinada, uma vez que a densidade global é conhecida.

$$\text{Porosidade} = 1 - \frac{DG}{DP}$$

$$\text{Densidade global} = \frac{M}{V}$$

onde

DG = Densidade aparente (g/cm³)

DP = Densidade de partícula (g/cm³)

M = Massa de solo seco a 105°C, g

V = Volume da amostra (cm³)

RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO

A resistência do solo à penetração de um penetrômetro é um indicador secundário de compactação, não sendo medição física direta de qualquer condição do solo. É afetada por muitos outros fatores além da compactação do solo, sendo o mais importante o teor de umidade dele.

A densidade global não pode ser acuradamente inferida pela leitura de penetrômetro se não se conhecem os teores de umidade do solo. A resistência à penetração é altamente afetada pela textura do solo (Fig. 4), sendo a utilidade de suas medidas somente comparadas se feitas no mesmo solo e no mesmo teor de umidade. A resistência à penetração pode ser medida facilmente em várias profundidades, mas, se as medidas forem comparadas, o teor de umidade terá que ser o mesmo em todos os níveis. Quando o solo alcança o teor de umidade da capacidade de campo, há considerável variabilidade na relação entre resistência à penetração e a densidade aparente (Fig. 5).

Apesar de muitas limitações, a resistência à penetração é freqüentemente usada para indicação comparativa de compactação, por causa da facilidade e rapidez, na qual numerosas medidas podem ser feitas. Os resultados são geralmente expressos em termos de força por unidade de área do cone na pon-

Para a maioria dos solos, a densidade de partícula tem um valor variando de 2,55 a 2,70 g/cm³ e, quando informações mais específicas não são conhecidas ou disponíveis, podem-se assumir 2,65 g/cm³.

Porosidade é o termo de maior significado para se usar na discussão de compactação do solo, por causa da descrição direta da proporção de volume do solo disponível para raízes das plantas e da água e do ar que elas requerem.

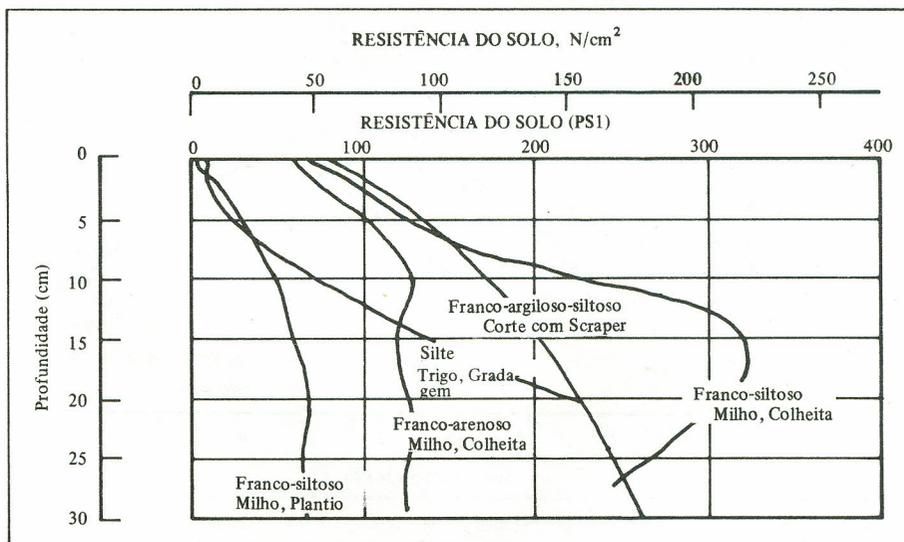


Fig. 4 – Curvas típicas de resistência do solo. Fonte: Liljedahl et al (1979).

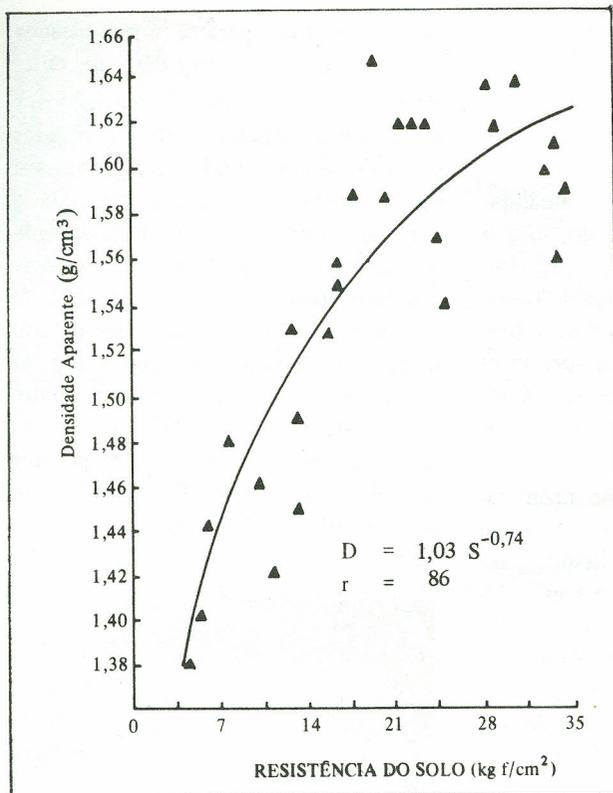


Fig. 5 — Relação entre resistência e densidade do solo para um solo no teor de umidade de capacidade de campo.

Fonte: Chancellor (1977).

ta do penetrômetro (kgf/cm²).

A relação entre resistência e densidade global do solo varia de um tipo para outro e, para um determinado solo, com o teor de umidade. Mesmo quando o mesmo teor de umidade é usado, a relação das leituras de cone penetrômetro e densidade global do solo pode ser diferente entre um solo compactado em condições de laboratório quando comparado com outro compactado em condições de campo.

De posse destas informações, pode-se entender agora como uma compactação do solo se desenvolve. Após uma pressão no solo, ocorrem a quebra do agregado dele e o aumento da densidade global. Na quebra do agregado, ocorre uma redução dos poros acarretando: diminuição da troca de oxigênio e dióxido de carbono; limitação do movimento de nutrientes na água; diminuição da taxa de infiltração de água no solo.

Com o aumento da densidade global, o solo aumenta a sua resistência à penetração, ocasionando um sistema radicular superficial e um aumento dos requerimentos de potência.

SINTOMAS VISUAIS DO EFEITO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO EM PLANTAS E NO SOLO

Sintomas visuais em plantas:

- demora na emergência das plantas;
- plantas mais baixas que o normal;
- folhas com coloração não-característica;
- sistema radicular superficial;
- raízes malformadas;

Sintomas visuais no solo:

- crosta no solo;
- zona compactada de superfície;
- água empoçada;
- erosão excessiva pela água;
- aumento de requerimento de potência para o preparo do solo.

CAUSAS DA MÁ ESTRUTURA DO SOLO

O desenvolvimento da má estrutura é um fenômeno associado com operações freqüentes de preparo de solo.

As causas mais comuns da má estrutura do solo incluem:

- drenagem inadequada;
- preparo excessivo do solo;
- sistema intensivo de exploração de cultura;
- operações impróprias no campo;
- tipo de implementos agrícolas.

MELHORIA DA ESTRUTURA DO SOLO

A fim de melhorar a estrutura do solo, várias medidas podem ser tomadas a saber:

- proporcionar uma adequada drenagem, tanto na superfície como na subsuperfície do solo;

— utilizar princípios de “preparo conservacionista” para que o solo tenha o mínimo necessário de desagregação que criem condições essenciais a uma rápida germinação, bom stand final e rápido desenvolvimento de plantas;

- manter e melhorar os níveis de matéria orgânica;
- utilizar equipamentos mais leves;
- reduzir a pressão do pneu no solo, utilizando pneus mais largos ou de rodagem dupla (Fig. 6).

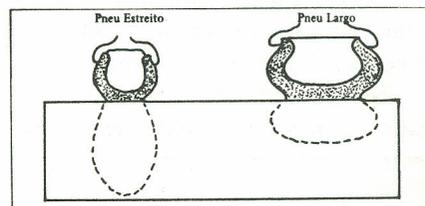


Fig. 6 — Distribuição da pressão do pneu no solo.

Fonte: Chancellor (1977).

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, St. Joseph. *Agricultural engineers yearbook*. St. Joseph, Michigan, 1985. 798 p. (EP. 371).

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, St. Joseph. *Compaction of agricultural soil*. St. Joseph, Michigan, 1971. 471 p. (Monograph).

BOWERS, W. *Modern concept of farm machinery management*. Illinois, Stipes Publishing Co. Champaign, 1970.

CHANCELLOR, W.J. *Compaction of soil by agricultural equipment*. Berkeley, University of California, 1977. 53 p. (Bulletin, 1981).

HUNT, F. *Farm power and machinery management*. Ames, Iowa State University Press, 1977. 365 p.

LILJEDAHN, J. B.; CARLETON, W. M.; TURNQUIST, P.K. & SMITH D.W. *Tractor and their power units*. 3. ed. New York, John Wiley, 1979.

MANTOVANI, E.C.; KRUTZ, G.W.; GIBSON, H.G. & STEINHARDT, G.C. *A soil surface traffic-corn yield model for a soil under cerrado vegetation in Brazil with less than 10 years of cultivations*. St. Joseph, Michigan, ASAE, 1984. 20 p. (ASAE, Paper, 84-1546).

MANTOVANI, E.C. & MANTOVANI, A. *Elementos básicos de mecanização: rendimento dos conjuntos e custo do trabalho*. Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, 1981. 25 p.

ROBERTSON, L. S.; ERICHSON, A. E. & CHRISTENSON, D.R. *Visual systems, causes and remedies of bad soil structures*. Michigan, State University. 8 p. 1976. (Research report, 1).