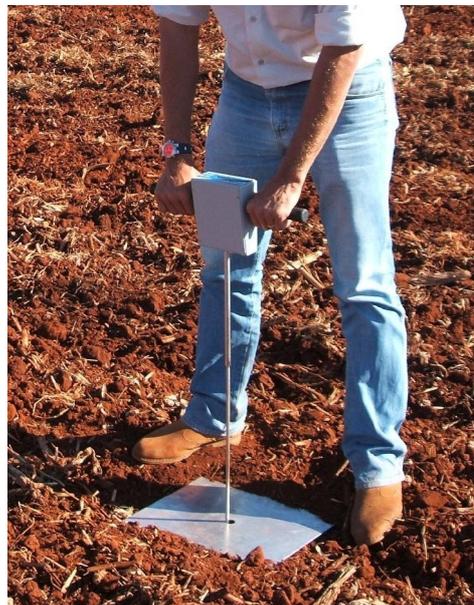


Rev A - Abr 2008

A ciência e a tecnologia da agricultura moderna têm comprovado sua capacidade em produzir quantidades crescentes de alimentos a ponto de suprir momentaneamente, e talvez até por algumas décadas, a demanda alimentar mundial. Neste contexto, devem-se identificar as limitações à produção para que se possa proceder às intervenções necessárias para eliminar ou diminuir possíveis variações de produtividade.

Assim, quando se busca o entendimento do potencial produtivo das culturas ou a ocorrência de variações de produtividade dentro de uma área de cultivo, torna-se fundamental o conhecimento de um conjunto de informações e o conhecimento de suas relações.

Por outro lado, quando o assunto é a qualidade dos atributos físicos do solo (fertilidade física), na maioria das propriedades a evolução e registro de informações inexistem. Não é nenhuma novidade entre produtores e técnicos os efeitos negativos ocasionados no desenvolvimento e na produtividade dos cultivos pela compactação do solo. Na literatura e a campo, existem vários relatos de perdas no potencial produtivo das culturas em virtude da compactação, processo dinâmico e gradual em que a porosidade e a permeabilidade são reduzidas, a resistência é aumentada e muitas outras características estruturais do solo são afetadas devido ao pisoteio animal e tráfego intenso de máquinas e equipamentos.



## Prejuízos que a compactação causa à produtividade das culturas

Ainda não há um consenso sobre quais intervalos de densidade são capazes de causar prejuízos às culturas, porém já é bem claro que decréscimos na porosidade, na macroporosidade, disponibilidade de água e nutrientes e difusão de gases no solo são atributos cujas relações com o desenvolvimento das raízes são fundamentais. Em solos compactados os nutrientes, embora disponíveis, não são adequadamente utilizados, já que o crescimento radicular fica prejudicado. Menor volume de solo explorado, menor absorção de água e nutrientes.

Dependendo da espécie e das condições ambientais, são observadas reduções de até 75% da produtividade, como no feijoeiro quando submetido à compactação. Para o trigo, relatos apontam para reduções de 9 a 20% na produtividade e 12 a 23% na produção de matéria seca. Para as culturas da soja e do milho, em geral, se trabalha com o conceito de que valores de resistência superiores a 2.000 KPa geram perdas no rendimento e têm sido associados a condições impeditivas para o crescimento das raízes e da parte aérea. Resistências de 2.350 kPa já chegaram a provocar 86% de redução no comprimento radicular da cultura da soja.

É difícil generalizar conclusões, pois a influência da compactação do solo sobre o crescimento radicular é decorrente de diversos fatores, que dependem das características genéticas das plantas, das condições ambientais e do estágio de desenvolvimento do vegetal. No caso da cultura do milho, uma camada compactada com resistência à penetração da ordem de 1.400 kPa impede que o sistema radicular do milho atravesse essa camada e se desenvolva em profundidade.

Um estado de compactação imposto por duas passadas de máquina pode reduzir em 20% a produtividade da soja e 40 % para o feijão. Um estado mais elevado de compactação imposto por quatro passadas de máquina pode gerar uma redução na produtividade da soja de 38% e 62% para o feijão.

Mesmo nas culturas de cobertura tidas como descompactadoras como o nabo forrageiro é possível haver efeitos negativos na produtividade em função da compactação do solo (Figura 1).



**Figura 1 - Vista de uma raiz de nabo forrageiro desenvolvida em uma área sem problema de compactação (à esquerda) e uma raiz desenvolvida em área compactada (à direita)**

## Monitoramento da compactação

É sabido que a compactação do solo tem variabilidade temporal e espacial em condições de lavoura mesmo em sistema de semeadura direta. Um dos indicadores de compactação no solo é a resistência do solo à penetração, que procura descrever a resistência física que o solo oferece a algo que tenta se mover através dele, como uma raiz em crescimento ou uma ferramenta de cultivo.

A preocupação de técnicos e produtores é de como proceder em condições de campo para quantificar o montante de áreas com limites de resistência capazes de causarem perdas no rendimento. Atualmente isso já é possível com rapidez e agilidade utilizando ferramentas como o penetroLOG e programas computacionais auxiliares. A partir dos resultados podem ser feitas inferências em relação ao valor de resistência à penetração de 2.000 kPa, considerado limitante ao crescimento radicular. Essa tem sido uma

valiosa ferramenta para visualização especialmente em relação ao preparo e ao tráfego acentuado de máquinas.

Neste sentido, a compreensão do comportamento de características físicas do solo, como a taxa de infiltração podem ser caracterizadas por métodos indiretos, podendo ser de grande valia para o entendimento das causas da variabilidade na produção das culturas. Mesmo de aparência homogênea, essas características físico-hídricas do solo podem apresentar considerável variabilidade espacial com conseqüente reflexo na produtividade das culturas.

O uso do penetroLOG permite monitorar a compactação do solo ao longo do tempo e na área (Figura 2). Assim, havendo suspeita de um local ser compactado, pode-se voltar e reavaliar antes de se tomar uma atitude técnica como escarificar uma área. Com as novas tecnologias da agricultura de precisão, esse monitoramento pode ser realizado utilizando-se o Sistema de Posicionamento Global (GPS), o que permite voltar exatamente nesses locais e reavaliar, além de espacializar os dados na forma de mapas temáticos ou gráficos (Figura 3). O método é sensível e eficiente na definição das áreas potenciais produtivas sendo capaz de discriminar as zonas de alta produtividade das zonas de média e baixa produtividade.



Figura 2 - Monitoramento georreferenciado da compactação do solo utilizando o PenetroLOG.

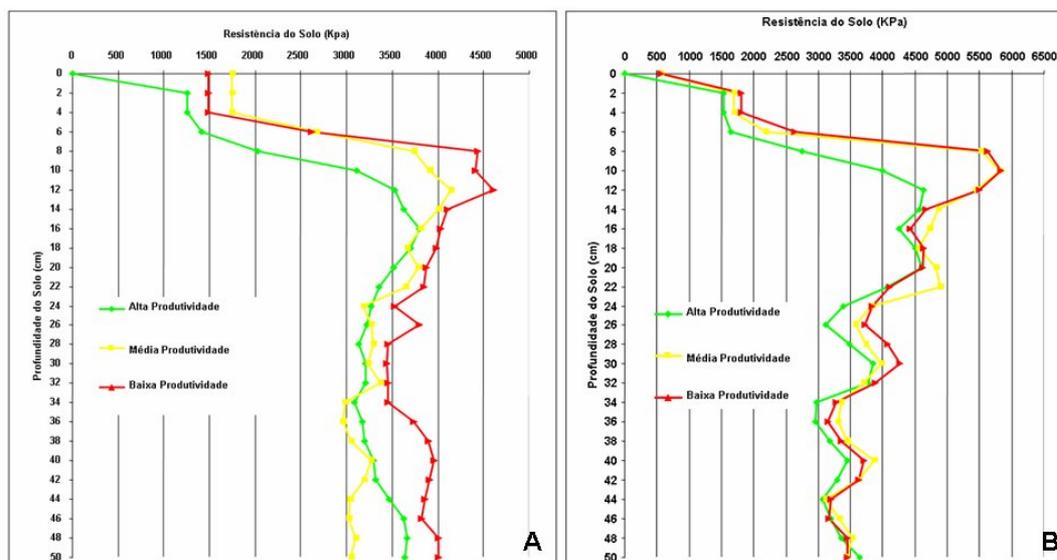


Figura 3 – Definição de camadas compactadas em zonas de alta, média e baixa produtividade avaliada em duas épocas, abril 2004 (A) e outubro de 2004 (B).

## Importância da compactação no manejo do solo para altas produtividades

Considerando períodos de estiagem, como ocorridos no sul do Brasil nos últimos anos, a eficiência do uso da água (kg de grão produzido/mm de chuva precipitado) em cada safra e em cada cultura passa a ser importante. Em condições de lavoura há uma tendência espacial de zonas de maior eficiência de uso da água. Para a cultura da soja, na safra 2002/03 no RS, por exemplo, em virtude da boa disponibilidade hídrica ocorrida no período, os mapas de colheita mostraram-se mais uniformes. Já na safra 2003/04, onde se evidenciou um estresse hídrico, os locais com prováveis problemas de compactação e redução do armazenamento da água tornaram-se mais pronunciados quando comparado com a safra 2002/03.

Enquanto na safra 2002/03 cerca de 30% das áreas apresentavam uma eficiência acima de 3 kg de soja produzido por mm precipitado, na safra 2003/04 essa área caiu para 14%. Em contrapartida, os locais com eficiência do uso da água inferior a 2,5 kg por mm precipitado, que na safra 2002/03 perfaziam 15% da área, passaram a representar 54% da área na safra 2003/04. Para a cultura do milho, parece haver uma inversão entre anos com boa disponibilidade hídrica e com déficit hídrico.

O monitoramento da compactação do solo e, conseqüentemente, da capacidade de armazenamento e da disponibilidade de água nas áreas de plantio direto devem merecer a atenção dos produtores especialmente naquelas lavouras nas quais as principais limitações de fertilidade do solo já foram equacionadas. Esta avaliação torna-se importante, pois há evidência

de que esse atributo possa ser o principal determinante da variabilidade de rendimento observado em áreas de plantio direto consolidado (Figura 4).



**Figura 4 – Perda de rendimento na cultura da soja em função de baixa disponibilidade de água**

Sendo assim, verifica-se em áreas de lavoura no sul do Brasil que, em anos de boa precipitação, os problemas de compactação atingem o rendimento das culturas em menor intensidade quando comparados com anos de baixa precipitação. Em termos de variabilidade na produção, em lavouras com problemas de compactação na camada de 10 a 20 cm, num ano de boa precipitação como na safra 2002/03 o rendimento foi afetado em 57%. Numa condição de estresse hídrico (2004/05) a compactação foi responsável por 97,6% dos baixos rendimentos. Algo indesejável porém, é que mesmo nos casos de boa precipitação a compactação afete o rendimento, algo indesejável pensando-se em altos rendimentos.

Tais resultados apontam para uma grande potencialidade do equipamento penetroLOG como ferramenta prática e rápida para agregar informações sobre as condições físicas do solo em áreas de lavoura e elucidar problemas

de compactação do solo. Segundo o histórico de manejo das áreas e relatos dos próprios produtores, as “manchas” de baixa produtividade tidas como indícios de compactação do solo podem ganhar explicações técnicas dentro de expectativas e do conhecimento de campo sobre essa questão.

---

Este documento foi elaborado para Falker por Prática Agricultura de Precisão, sob coordenação do Prof. Dr. Antônio Luis Santi. Todas as imagens e ilustrações elaboradas pelos autores. Reprodução proibida sem autorização expressa por escrito.

## Referências

SANTI, A.L. *Aprimoramento do manejo do solo utilizando as ferramentas da agricultura de precisão*. 2007. Tese de doutorado – no prelo. 210 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

---

[www.falker.com.br](http://www.falker.com.br)

[suporte@falker.com.br](mailto:suporte@falker.com.br)