

**ARTIGO**

**IGA**  
Instituto Goiano  
de Agricultura

## **Diagnose da Qualidade Física do Solo – Métodos e Consequências**



**Autor:** Guilherme Anghinoni – Pesquisador em solos e fitotecnia pelo  
Instituto Agronômico de Goiás

## Diagnose da Qualidade Física do Solo – Métodos e Consequências

Guilherme Anghinoni – Pesquisador em solos e fitotecnia pelo Instituto Agrônomo de Goiás

Funcionando como um componente da qualidade do solo, a qualidade física do solo se refere à capacidade do solo de manter boa qualidade estrutural, promover boa proliferação de raízes e incremento na população e diversidade microbiana, além de prover condições do solo resistir a erosão e compactação. Pode-se notar, então, que a física do solo e a qualidade biológica do solo estão intimamente ligadas. Todavia, é muito comum encontrar áreas com qualidade física adequada e qualidade biológica depreciada, enquanto o contrário não é verdadeiro: áreas com qualidade biológica elevada no solo invariavelmente apresentarão qualidade física adequada.

A física do solo, sob o ponto de vista do suporte ao crescimento e desenvolvimento de plantas, é diretamente influenciada pela resistência a penetração (RP), temperatura, aeração e disponibilidade hídrica às plantas. As restrições causadas pela RP impactam diretamente na fisiologia das raízes, promovendo decréscimos na elongação das células próximas a coifa e afetando negativamente seu crescimento, funcionamento estomático das folhas, e consequentemente o crescimento e produtividade das culturas. O suprimento de água e ar às raízes afeta o crescimento de plantas, pois é um componente importante na absorção ativa de nutrientes, na transpiração e fotossíntese de plantas.

Muitos autores consideram o valor de resistência à penetração de raízes (RP) limitante às plantas, por exemplo, igual a 2,0 MPa (Letey, 1958; Tormena et al., 1998), enquanto outros relatam que este valor pode variar de 2,0 MPa para solos sob sistema de preparo convencional, a 3,5 MPa para solos sob sistema de plantio direto (SPD; Moraes et al., 2014). Esta diferença entre valores de RP limitante entre solos sob sistemas de manejo opostos se dá pelo fato de que, sob SPD, a maior densidade do solo e os consequentes maiores valores de RP são superados pela existência de canais remanescentes da atividade da mesofauna do solo (minhocas, cupins, entre outros), e principalmente das raízes das plantas utilizadas no sistema de produção, que servem como via de crescimento das raízes através de zonas compactadas. A Figura 1 demonstra didaticamente como as plantas de soja, podem aproveitar os canais criados pelas raízes de canola, braquiária, entre outras, sem prejuízos em seu desenvolvimento mesmo em zonas com altos valores de resistência a penetração.

Por outro lado, sob sistema de preparo convencional do solo, que promove degradação estrutural e destruição dos bioporos mencionados anteriormente, as raízes das plantas dependem exclusivamente da sua penetração em meio a matriz do solo para desenvolver-se, e por isso, o efeito da RP no crescimento radicular é maior. Por isso pode-se dizer que o monitoramento da qualidade física do solo através do penetrômetro é, apesar de muito usual e útil, passível de importantes considerações e ressalvas, uma vez que o sistema de produção influencia fortemente o valor no qual o solo oferece limitações ao crescimento radicular. Anghinoni (2016), estudando a QFS em sistemas de produção de algodão no sul do MT, demonstrou que sistemas de produção sob SPD apresentaram valores de resistência a penetração medidos na capacidade de campo maiores que sistemas de produção em solo sob revolvimento. Mesmo assim, os sistemas de produção sob SPD com rotação de culturas produziram mais grãos e fibra de algodão quando comparados aos sistemas de produção com revolvimento anual do solo e/ou com baixa diversidade de culturas. Estes resultados demonstraram que a diminuição dos valores de RP no campo por meio do revolvimento não foi eficiente em influenciar positivamente a produtividade das culturas na mesma magnitude que a diversificação cultural e a ausência de revolvimento, e destacou que a maior continuidade dos poros sob SPD permitiu maior crescimento radicular e maior acesso a água das camadas mais profundas.

As avaliações da qualidade física do solo a campo têm sido realizadas no Brasil principalmente por meio da metodologia do VESS (análise visual da estrutura do solo, em inglês – Figuras 2, 3 e 4), da condutividade hidráulica saturada e da resistência a penetração de raízes (RP). Por apresentar maior praticidade no campo, a utilização da penetrometria têm sido priorizada nas áreas agrícolas do país.

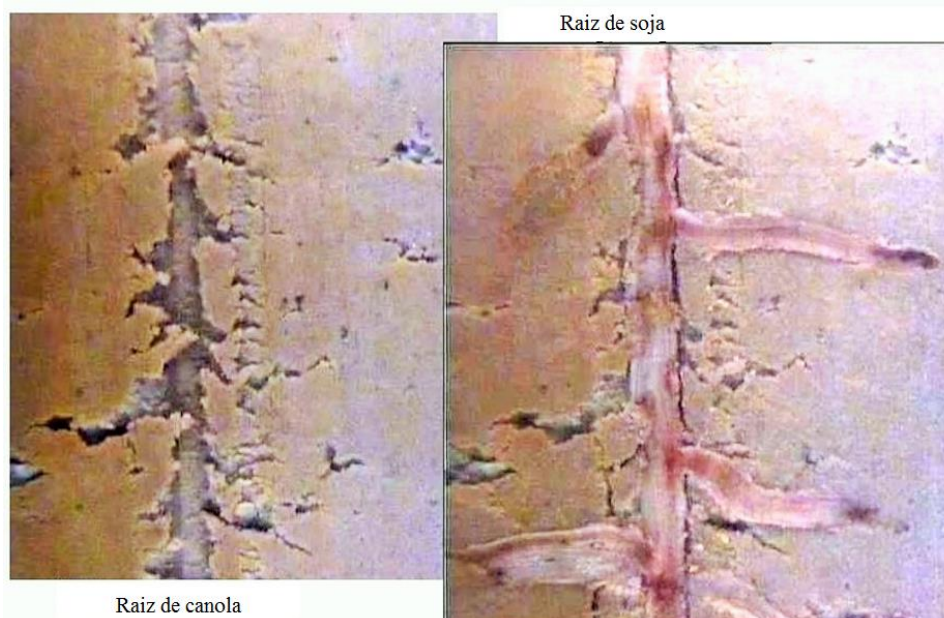


Figura 1. Canal gerado no solo pelo crescimento de raiz de canola (esquerda) e raiz de soja desenvolvida posteriormente no mesmo canal (direita). Fonte: Williams e Weil (2004).

## RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DE RAÍZES (RP)

A utilização da penetrometria vem sendo realizada em áreas cada vez mais amplas no Brasil. Por vezes, as informações coletadas com este equipamento são úteis, mas uma grande parte das vezes estas informações levam a decisões de manejo equivocadas. Os valores obtidos e as comparações realizadas precisam de uma maior elucidação e clareza para a tomada de decisões.

Principalmente em solos sem revolvimento a longo prazo, a correlação entre produtividade de culturas e os valores de RP é expressivamente baixa. Todavia, em solos sob revolvimento constante há alta correlação entre os valores de RP e a produtividade das culturas. Isto se dá pelo fato de que, em áreas sem revolvimento, as raízes das plantas têm outras rotas de crescimento que não são aquelas que requerem a abertura de caminhos por entre a matriz do solo, mas sim aquelas que são resultantes de canais já existentes. Pode-se dizer que “as raízes não penetram no solo semelhantemente a um prego penetrando na madeira” – ou a haste do penetrômetro penetrando no solo.

## VESS

A avaliação visual da estrutura do solo (Visual Evaluation of Soil Structure; VESS) foi projetada para fornecer uma nota quantitativa a partir de uma avaliação qualitativa da qualidade estrutural do solo. Esta metodologia inovadora fornece uma nota, que é obtida avaliando-se forma, tamanho, cor, porosidade e espessura dos agregados e das camadas em uma amostra de solo.

Para executar a avaliação da qualidade física do solo pelo método VESS procede-se abrindo pequenas trincheiras no solo que permitam a extração de uma porção indeformada de dimensões iguais a 25 cm de profundidade, 15 a 20 cm de espessura e aproximadamente 20 cm de largura. As figuras 4 e 5 apresentam alguns exemplos de amostras utilizadas para avaliação do VESS.

Através do link disponibilizado abaixo, pode-se ter acesso a uma cartilha, que deve ser impressa em folha formato A3 e plastificada para utilização nas prospecções a campo utilizando a análise visual da estrutura do solo (VESS):

<http://paginapessoal.utfpr.edu.br/rachelquimaraes/vess/avaliacao-visual-da-estrutura-do-solo-2/avaliacao-visual-da-estrutura-do-solo-1/avaliacao-visual-da-estrutura-do-solo/Avaliacao%20visual%20da%20estrutura%20do%20solo.pdf>



Figura 2. Estratégia de amostragem utilizada para a análise visual da estrutura do solo pelo método VESS. A esquerda, a extração da amostra, e a direita, a disposição da amostra para subsequente análise. (Foto: Guilherme Anghinoni).

Observa-se que a amostra sob sucessão entre soja e milho (Figura 3) apresenta, na camada superior, agregados maiores e mais angulares, enquanto os menores agregados e raízes abundantes prevalecem sob sistema de plantio direto com rotação de culturas. Isto significa que o sistema soja/milho terá nota maior – o que indica qualidade estrutural depreciada – em relação a rotação de culturas. No Brasil, a utilização do método VESS teve início em 2008 e vem sendo realizada para validação e para comprovação da sua efetividade em determinar diferenças na qualidade estrutural do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo (Giarola et al., 2009; Giarola et al., 2010; Guimarães et al., 2011; Giarola et al., 2013).

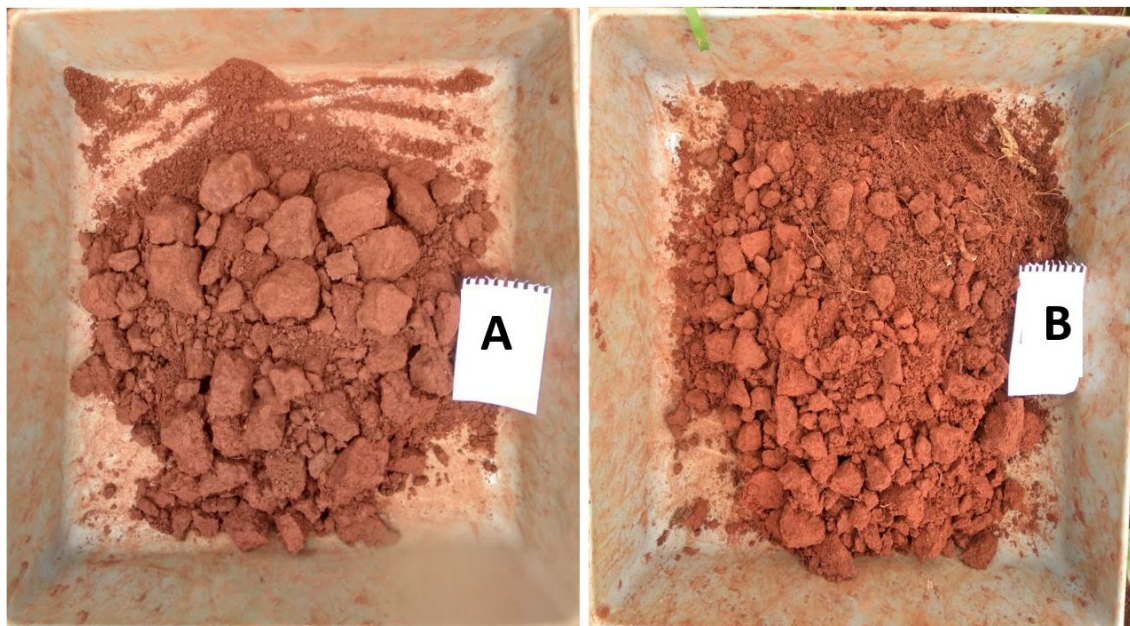


Figura 3. Amostras de solo após análise visual de sua estrutura pelo método VESS. A amostra A é proveniente de uma área sob sistema de sucessão com soja e milho a 10 anos, enquanto a amostra B é proveniente de uma área sob sistema de plantio direto com rotação de culturas. (Foto: Guilherme Anghinoni).

Esta metodologia é eficiente para determinar (1) se há necessidade de operações mecânicas para melhoria da qualidade física do solo e (2) se o sistema de produção tem sido eficiente em manter boa qualidade do solo ao longo do tempo (sob aspectos físicos e biológicos). Segundo Leopizzi et al. (2018), 5 subamostras representam a quantidade mínima necessária para caracterizar uma área homogênea, bem como detectar diferenças entre áreas com solos fisicamente distintos, utilizando o VESS. Dessa forma, em cada subárea pré-dividida, devem ser retiradas aleatoriamente no mínimo cinco amostras para avaliação da qualidade física do solo por meio do VESS. Estes pontos deverão ser amostrados aleatoriamente e a distinção entre áreas de bordadura e áreas centrais do talhão deve ser utilizada na avaliação.

Notas médias próximas de 1 indicam qualidade física ótima, que se mantém até a nota 2,9. Por outro lado, notas superiores a 3 indicam degradação da qualidade física do solo. Já notas acima de 3,5 indicam qualidade física do solo muito degradada, que requerem ações contundentes para melhoria, bem como mudança no sistema de produção, e notas maiores que 4 indicam necessidade de operação mecânica para “descompactação” e mudança drástica no sistema de produção.

Qualidade Estrutural	Tamanho e aparência dos agregados	Porosidade visível e raízes	Aparência depois do manuseio: vários solos	Aparência depois do manuseio: mesmo solo diferentes manejos	Característica distintiva	Aparência e descrição de agregados naturais ou fragmento reduzido de ~ 1,5 cm de diâmetro	0 1 2 3 4 5 10 15 20 25 cm
Qe1 Friável Agregados quebram facilmente com os dedos	Maioria < 6 mm após a quebra	Alta porosidade Raízes por todo solo			 Agregados pequenos	 A ação de quebrar o bloco é suficiente para revelá-los. Agregados grandes são compostos por agregados menores, presos pelas raízes.	
Qe2 Intacto Agregados quebram facilmente com uma mão	Uma mistura de agregados porosos e redondos entre 2 mm – 7 cm Sem presença de torrões	Maioria dos agregados são porosos Raízes por todo solo			 Agregados altamente porosos	 Agregados quando obtidos são redondos, muito frágeis, despedaçam muito facilmente e são altamente porosos.	
Qe3 Firme Maioria dos agregados quebram com uma mão	Uma mistura de agregados porosos entre 2mm -10 cm; menos de 30% são <1 cm. Alguns torrões angulares não porosos podem estar presentes	Macroporos e fissuras presentes Porosidade e raízes: ambas dentro dos agregados			 Agregados com baixa porosidade	 Fragmentos de agregados são razoavelmente fáceis de serem obtidos. Apresentam poucos poros e são arredondados. Raízes geralmente crescem através dos agregados.	
Qe4 Compacto Quebrar agregados com uma mão requer esforço considerável	Maioria > 10 cm e são sub-angulares não porosos; possibilidade de horizontalização; menos que 30% são <7 cm	Poucos macroporos e fissuras Raízes agrupadas em macroporos e ao redor dos agregados			 Macroporos bem distintos	 Fragmentos de agregados são fáceis de serem obtidos quando o solo está úmido, em forma de cubo muito angulosos e pontudos e apresentam fissuras internamente.	
Qs5 Muito compacto Difícil quebra	Maioria são maiores que > 10 cm, muito poucos < 7 cm, angular e não poroso	Porosidade muito baixa. Macroporos podem estar presentes. Pode conter zonas anaeróbicas. Poucas raízes e restritas a fissuras			 Cor azul-acinzentada	 Fragmentos de agregados são fáceis de serem obtidos quando o solo está úmido, no entanto, considerável força é necessária. Geralmente não apresentam poros ou fissuras.	

Figura 4. Cartilha utilizada para análise da qualidade física do solo por meio do VESS.

Conclui-se que há muito a ser discutido sobre o tema, mas que o diagnóstico da QFS é complexo e demanda, invariavelmente, visitas a campo e discussões acerca do histórico da área em questão.

O Instituto Goiano de Agricultura conta com estrutura física e intelectual para esclarecer e demonstrar as metodologias aqui expostas, bem como auxiliar os produtores e profissionais da agricultura a obterem diagnósticos assertivos e eficientes sobre a qualidade física do solo e das tomadas de decisão relacionadas ao preparo do solo.

## REFERÊNCIAS

BALL, B. C.; BATEY, T.; MUNKHOLM, L. J. Field assessment of soil structural quality – a development of the Peerlkamp test. **Soil Use and Management**, v. 23, n. 4, p. 329-337, 2007. ISSN 1475-2743. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-2743.2007.00102.x> >.

GIAROLA, N. F. B.; DA SILVA, Á. P.; TORMENA, C. A.; GUIMARÃES, R. M. L.; BALL, B. C. On the Visual Evaluation of Soil Structure: The Brazilian experience in Oxisols under no-tillage. **Soil and Tillage Research**, v. 127, n. 0, p. 60-64, 3// 2013. ISSN 0167-1987. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198712000694> >.

GIAROLA, N. F. B.; SILVA, A. P. D.; TORMENA, C. A.; BALL, B.; ROSA, J. A. Visual soil structure quality assessment on Oxisols under no-tillage system. **Scientia Agricola**, v. 67, p. 479-482, 2010. ISSN 0103-9016. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90162010000400016&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162010000400016&nrm=iso) >.

GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. D.; BALL, B. Método de avaliação visual da qualidade da estrutura aplicado a Latossolo Vermelho Distroférico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Ciência Rural**, v. 39, p. 2531-2534, 2009. ISSN 0103-8478. Disponível em: < <http://www.scielo.br/scielo>.

GUIMARÃES, R. M. L.; BALL, B. C.; TORMENA, C. A. Improvements in the visual evaluation of soil structure. **Soil Use and Management**, v. 27, n. 3, p. 395-403, 2011. ISSN 1475-2743. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-2743.2011.00354.x> >.

LEOPIZZI, S.; GONDRET, K.; BOIVIN, P. Spatial variability and sampling requirements of the visual evaluation of soil structure in cropped fields. **Geoderma**, v. 314, p. 58-62, 2018/03/15/2018. ISSN 0016-7061. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706117310042> >.

LETEY, J. Relationship between Soil Physical Properties and Crop Production. In: STEWART, B. A. (Ed.). **Advances in Soil Science**: Springer New York, v.1, 1958. cap. 8, p.277-294. (Advances in Soil Science). ISBN 978-1-4612-9539-6.

MORAES, M. T. D.; DEBIASI, H.; CARLESSO, R.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R. D. Critical limits of soil penetration resistance in a rhodic Eutrudox. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 288-298, 2014. ISSN 0100-0683. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832014000100029&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832014000100029&nrm=iso) >.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. D.; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 4, p. 573-581, 1998. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06831998000400002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06831998000400002&script=sci_arttext) >.

WILLIAMS, S. M.; WEIL, R. R. Crop Cover Root Channels May Alleviate Soil Compaction Effects on Soybean Crop. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, n. 4, p. 1403-1409, 2004. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj2004.1403> >.