

Qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico sob sistemas intensificados de produção de grãos em Sete Lagoas - MG.

Marina Luciana Abreu de Melo ⁽¹⁾; **Bruno Montoani Silva** ⁽²⁾; **Aline Martineli Batista** ⁽³⁾; **Eduardo Vieira Guimarães** ⁽⁴⁾; **Gabriela Soares Santos Araújo** ⁽⁵⁾; **Maíse Soares de Moura** ⁽⁶⁾; **Emerson Borghi** ⁽⁷⁾; **Paula Karen Mota** ⁽⁸⁾.

⁽¹⁾ Estudante de Engenharia Agrônoma; Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ)/Bolsista CNPq; Sete Lagoas, MG; marinaluciana94@gmail.com; ⁽²⁾ Professor; UFSJ; ⁽³⁾ Estudante de Engenharia Agrônoma; UFSJ/Bolsista PET-Agronomia; ⁽⁴⁾ Estudante de Bacharelado Interdisciplinar em Biosistemas; UFSJ/Bolsista UFSJ; ⁽⁵⁾ Estudante de Engenharia Agrônoma; UFSJ/Bolsista FAPEMIG; ⁽⁶⁾ Mestranda em Ciências Agrárias/Bolsista FAPEMIG; ⁽⁷⁾ Pesquisador/Professor; Embrapa Milho e Sorgo; ⁽⁸⁾ Engenheira Ambiental.

RESUMO: A qualidade física do solo pode afetar a produtividade das culturas, o que ressalta a importância do estabelecimento de sistemas de produção que favoreçam os atributos físicos do solo. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em sistemas de produção com diferentes níveis de intensificação e investimento em adubação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com 05 repetições e 07 tratamentos: médio investimento em adubação, monocultura soja (T1); médio investimento, monocultura milho (T2); médio investimento, sucessão soja-pousio-milho (T3); médio investimento, sucessão soja-braquiária-milho (T4); alto investimento, sucessão soja-braquiária-milho (T5); alto investimento, sucessão soja-pousio-milho (T6) e Cerrado em revegetação (CR). Coletaram-se amostras indeformadas nas profundidades de 0-5 e 15-20 cm e determinaram-se os atributos macroporosidade (Macro), densidade do solo (Ds), capacidade de aeração do solo (ACb) e capacidade de aeração da matriz do solo (ACm). Exceto para Macro, os valores obtidos indicaram boa qualidade física do solo nas áreas cultivadas, porém não foram detectados efeitos do consórcio com braquiária e houve baixa correlação entre ACb, Acm, Macro e a produtividade do milho na primeira safra. Espera-se que essas relações sejam determinadas após alguns ciclos de cultivo.

Termos de indexação: milho, aeração do solo, produtividade.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura que apresenta alto potencial produtivo. Apesar de ser amplamente cultivada no Brasil, a produtividade

média nacional ainda é muito baixa, evidenciando a necessidade de sofisticação dos sistemas de produção (Duarte & Kappes, 2015).

O efeito do manejo das culturas na qualidade física do solo pode ser investigado por meio da utilização de parâmetros indicadores (Topp et al., 1997; Reynolds et al., 2008) e da comparação ao estado natural do solo ou faixas de valores considerados ideais na literatura. Nesse sentido, Reynolds et al. (2008) propuseram, entre outros parâmetros, a macroporosidade, a densidade do solo, a capacidade de aeração do solo e a capacidade de aeração da matriz do solo como indicadores de sua qualidade física. Este último indicador difere-se da capacidade de aeração do solo por se referir exclusivamente à aeração proporcionada pelos microporos.

A fração gasosa do solo é essencial para a garantia da oxigenação do seu perfil, necessária à vida aeróbica (raízes e micro-organismos). Para isso, um conteúdo de ar na faixa de 0,05 a 0,20 m³ m⁻³ é usualmente satisfatório (Jong van Lier, 2010). Watanabe et al. (2008) sugerem que a aeração do solo na zona radicular, entre outras condições físicas, está diretamente relacionada ao crescimento das plantas. Portanto, esse atributo pode afetar a produtividade das culturas.

Em relação à densidade do solo, esta é amplamente empregada como indicador devido à fácil determinação e à relação com outras propriedades físicas que afetam o desenvolvimento das plantas, como porosidade e aeração do solo. O aumento da densidade geralmente implica redução da porosidade, notadamente da macroporosidade (Lima et al., 2007; Gubiani et al., 2013).

Segundo Andrade et al. (2009), a prática da rotação de culturas pode contribuir para a melhoria da qualidade física do solo. Esse benefício pode ser intensificado pelo uso de gramíneas, as quais

propiciam a formação de bioporos (Williams & Weil, 2004). Estes, por sua vez, favorecem o crescimento radicular, a movimentação da água e a difusão de gases no solo (Muller et al., 2001; Bengough et al., 2011).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico por meio do emprego de parâmetros indicadores e relacionar a aeração do solo à produtividade da cultura do milho em sistemas de produção com diferentes níveis de intensificação e investimento em adubação.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área experimental de produção de grãos da Embrapa Milho e Sorgo, com 4,4 ha, no município de Sete Lagoas - MG, (19°28' S e 44°15'), altitude de 732 m. O clima regional é tipo Cwa, conforme Köppen. Predomina na área a classe de solo Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2013). As análises foram processadas no Laboratório de Física do Solo e Conservação do Solo e da Água da Universidade Federal de São João del-Rei, *Campus Sete Lagoas*.

Entre agosto e outubro de 2014, foram realizadas operações de mobilização do solo até 25 cm de profundidade, visando à construção da fertilidade e ao preparo do solo para implantação de um sistema de plantio direto. A semeadura das culturas - milho cultivar AS 1581 PRO, soja cultivar BRS 7380 RR e *Brachiaria ruziziensis* - ocorreu em dezembro do mesmo ano.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições e sete tratamentos: médio investimento em adubação, monocultura soja (T1); médio investimento, monocultura milho (T2); médio investimento, sucessão soja-pousio-milho (T3); médio investimento, sucessão soja-braquiária-milho (T4); alto investimento, sucessão soja-braquiária-milho (T5); alto investimento, sucessão soja-pousio-milho (T6) e Cerrado em revegetação (CR), considerado o tratamento de referência. Cada tratamento foi aplicado em uma faixa de plantio, com o objetivo de reproduzir sistemas de produção em regime de sequeiro, com diferentes níveis de intensificação e investimento em adubação.

A amostragem foi realizada em julho de 2015, um mês após a colheita da primeira safra. Foram coletadas, em cinco pontos georreferenciados por faixa, nas profundidades de 0-5 cm e 15-20 cm, amostras indeformadas de solo, em anéis volumétricos. Em laboratório, as amostras foram preparadas para remoção do excesso de solo e revestidas utilizando malha e goma de borracha.

Em seguida, as amostras foram saturadas por capilaridade para determinação do volume total de poros (VTPd), como sendo igual à umidade de saturação (θ_s), ($m^3 m^{-3}$). Em mesa de tensão automatizada da marca ECOTECH as amostras foram submetidas às tensões de 1 KPa e 10 KPa para determinar, nessa ordem, a microporosidade (Micro), ($m^3 m^{-3}$) e a capacidade de campo (CC), ($m^3 m^{-3}$), segundo Reynolds et al. (2008). Por diferença entre VTPd e Micro, foi calculada a macroporosidade (Macro), ($m^3 m^{-3}$). A capacidade de aeração do solo (ACb), ($m^3 m^{-3}$) e a capacidade de aeração da matriz do solo (ACm), ($m^3 m^{-3}$), foram definidas, respectivamente, pela diferença entre θ_s e CC e pela diferença entre Micro e CC (Reynolds et al., 2008). A densidade do solo (D_s) foi determinada pela relação entre massa e volume e calculada em $Mg m^{-3}$. Os procedimentos foram executados conforme descritos em Embrapa (2011).

A análise granulométrica foi executada pelo método da pipeta e o teor de matéria orgânica (MOS) na camada de 0-5 cm pelo método Walkley-Black, segundo Embrapa (2011) (**Tabela 1**).

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativo, ao teste de médias Skott-knott a 5% de significância com auxílio da linguagem R pacote ExpDes (Ferreira et al., 2014).

Tabela 1 – Teores de areia, silte, argila e matéria orgânica para os tratamentos avaliados.

Tratamentos	Areia	Silte	Argila	MO
T1	12,33	23,92	63,74	5,06
T2	11,43	14,40	74,53	4,07
T3	11,93	14,98	73,10	4,20
T4	11,53	17,10	71,37	4,30
T5	11,38	12,21	76,42	4,44
T6	12,61	31,41	63,74	4,31
CN	22,54	20,08	57,38	6,40

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que há duas classes texturais de solo na área experimental (**Tabela 1**), sendo o solo sob T1, T2, T3, T4, T5 e T6, classificado como muito argiloso e do CN como argiloso. Observou-se, ainda, um maior teor de MO no CR (**Tabela 1**). Oliveira et al. (2004) obtiveram resultado similar comparando o ambiente nativo a áreas aradas.

Constatou-se que, exceto para o atributo macroporosidade, os tratamentos com alto investimento em adubação (T5 e T6), apresentaram valores de D_s , ACb e ACm mais próximos ao CR quando comparados ao sistema de monocultivo de milho com médio investimento em adubação (T2)

(Figura 1 e Tabela 2). Esses resultados permitem inferir que a melhoria dos atributos químicos do solo pode se refletir na sua qualidade física.

Grable & Siemer (1968) propuseram a porosidade de aeração (PA) de 10% como crítica para o crescimento radicular, em função da limitada difusão de oxigênio no solo. Observou-se que apenas o CR apresentou uma macroporosidade superior ao valor crítico de PA, indicando que os sistemas de produção analisados acarretaram prejuízo à qualidade física do solo em relação a esse parâmetro (Tabela 2).

Quanto à densidade do solo, Reichert et al. (2003) estabeleceram o valor limitante de 1,30 Mg m⁻³ para solos argilosos. Todos os tratamentos exibiram valores de Ds inferiores ao limitante e, portanto, não há impedimentos mecânicos para o crescimento das raízes do milho (Tabela 2).

Para a capacidade de aeração do solo (ACb) e a capacidade de aeração da matriz do solo (ACm), Reynolds et al. (2008) sugeriram que valores de ACb superiores a 0,12-0,17 m³ m⁻³ podem ser requeridos para o máximo rendimento das culturas em solos de textura média a argilosa e o valor de 0,10 m³ m⁻³ para ACm aparenta ser razoável. Em todos os tratamentos, os valores de ACb e ACm foram iguais ou superiores aos de referência, evidenciando a boa qualidade física do solo quando baseada nesses atributos (Tabela 2).

Tabela 2 – Macro, Ds, ACb e ACm de um Latossolo Vermelho distrófico para os tratamentos avaliados.

Tratamentos	Macro (m ³ m ⁻³)	Ds (Mg m ⁻³)	ACb (m ³ m ⁻³)	ACm (m ³ m ⁻³)
T1	0,04 a	1,09 a	0,17 a	0,13 a
T2	0,07 a	1,05 a	0,18 a	0,11 a
T3	0,05 a	1,01 b	0,19 a	0,13 a
T4	0,05 a	1,02 b	0,16 a	0,12 a
T5	0,06 a	1,00 b	0,21 b	0,15 b
T6	0,06 a	0,95 b	0,23 b	0,18 b
CN	0,19 b	0,83 c	0,34 c	0,15 b
CV (%)	44,82	7,01	19,93	23,83

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

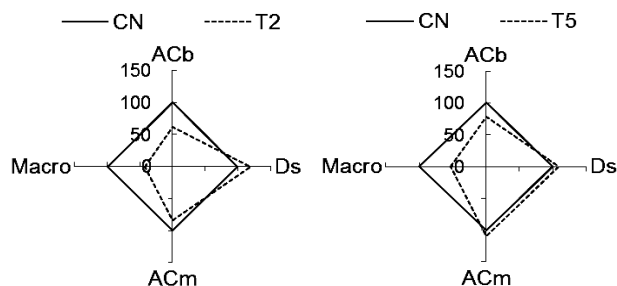


Figura 1 - Diagramas radiais comparando a qualidade do solo entre dois sistemas de produção (T2 e T5), em relação à área de Cerrado em revegetação (CR), para a camada de 0-5 cm.

Para todos os parâmetros considerados, não houve diferença estatística entre T3 e T4 e T5 e T6 (Tabela 2), demonstrando que o uso da braquiária em consórcio com as culturas não contribuiu para a melhoria da qualidade física do solo. Calonego et al. (2011) verificaram que o cultivo de braquiária em consórcio com o milho por dois anos consecutivos melhora as condições físicas do solo na camada de 20-40 cm. Assim, espera-se que os efeitos do consórcio sejam evidenciados a médio/longo prazo.

Para as profundidades avaliadas, foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) para Ds, ACb e ACm, sendo que foram encontradas Ds maiores na camada mais profunda (Tabela 3). Stone & Silveira (2001), estudando os efeitos da rotação de culturas na densidade e na porosidade do solo, também encontraram maiores valores de densidade do solo à medida que se aumentou a profundidade de análise.

Tabela 3 – Macro, Ds, ACb e ACm nas camadas amostradas de um Latossolo Vermelho distrófico para os tratamentos avaliados.

Camada (cm)	Macro (m ³ m ⁻³)	Ds (Mg m ⁻³)	ACb (m ³ m ⁻³)	ACm (m ³ m ⁻³)
0-5	0,08 a	0,97 a	0,23 a	0,15 a
15-20	0,07 a	1,02 b	0,19 b	0,13 b
CV (%)	44,82	7,01	19,93	23,83

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Houve baixa correlação entre ACb, ACm, Macro e produtividade relativa para a cultura do milho (Figura 2). Esse resultado corrobora com o trabalho de Stone et al. (2013), no qual os autores também obtiveram baixa correlação entre macroporosidade e produtividade para a cultura do feijoeiro. Rosseti et al. (2013), avaliando sistemas de manejo e atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho cultivado com milho, constataram que são necessários alguns ciclos de cultivo para que a produtividade seja explicada por atributos físicos do solo.

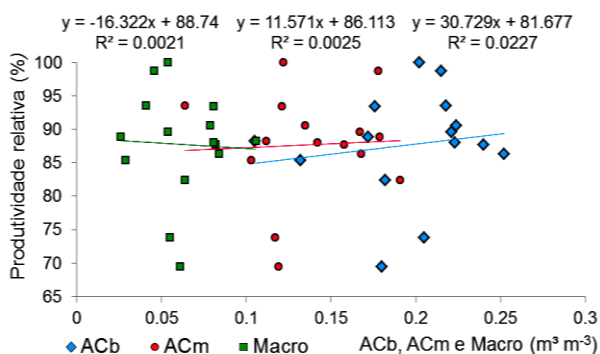


Figura 2 – Correlações entre capacidade de aeração do solo (ACb), capacidade de aeração da matriz do solo (ACm), macroporosidade (Macro) e produtividade relativa para a cultura do milho.

CONCLUSÕES

Há uma sensível redução da qualidade física do solo nas áreas cultivadas em comparação ao ambiente natural.

A produtividade do milho pode não ser influenciada pelos atributos físicos do solo em curto prazo.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa Milho e Sorgo, ao CNPq, à FAPEMIG e à UFSJ.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, Jul/Aug, 2009.

BENGOUGH, A.G.; McCKENZIE, B.M.; HALLETT, P.D.; VALENTINE, T.A. Root elongation, water stress, and mechanical impedance: A review of limiting stresses and beneficial root tip traits. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 62, p. 59-68, 2011.

CALONEGO, J. C.; BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. Costa. Intervalo hídrico ótimo e compactação do solo com cultivo consorciado de milho e braquiária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, p. 2183-2190, 2011.

DUARTE, A. P. & KAPPES, C. Evolução dos sistemas de cultivo de milho no Brasil. **Informações Agrônomicas**, n. 152, dezembro, 2015. Disponível em <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/67F689B3E7947A6A83257F31004BAB77/\\$FILE/Page15-18_152.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/67F689B3E7947A6A83257F31004BAB77/$FILE/Page15-18_152.pdf)>. Acesso em 10 de maio de 2016.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro - RJ: Documento 182, Embrapa Solos, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Embrapa Produção de Informação, 2011.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 353 p. 2013.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes: an R package for ANOVA and experimental designs. **Applied Mathematics**, Alfenas, v. 5, n. 19, p. 2952, 2014.

GRABLE, A.R. & SIEMER, E.G. Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potential and elongation of corn roots. **Soil Science Society of America Journal**, v. 32, p. 80-186, 1968.

GUBIANI, P. I.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Indicadores hídrico-mecânicos de compactação do solo e crescimento de plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 1-10, 2013.

JONG VAN LIER, Q. **Física do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1ª ed. Viçosa: UFV, 2010.

LIMA, C. G. D. R.; CARVALHO, M. D. P.; MELLO, L. M. M. D.; LIMA, R. C. Correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem, a porosidade total e a densidade do solo de Pereira Barreto (SP). **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Ilha Solteira, p. 1233-1244, 2007.

MULLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A. Influencia da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 531-538, Maio/Jun, 2001.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S. & CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Lavras, v.28, n.2, p.327-336, 2004.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, v.27, p.29-48, 2003.

REYNOLDS, W. D.; DRURY, C. F.; YANG, X. M.; TAN, C. S. Optimal soil physical quality inferred through structural regression and parameter interactions. **Geoderma**, v. 146, n. 3, p. 466-474, 2008.

ROSSETTI, K. V.; CENTURION, J. F. Sistemas de manejo e atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 472-479, 2013.

STONE, L. F. & SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Santo Antônio de Goiás, v. 25, n. 2, p. 395-401, 2001.

STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. D. B.; DIDONET, A. D.; HEINEMANN, A. B.; OLIVEIRA, J. P. Correlação entre a produtividade do feijoeiro no sistema de produção orgânica e atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p. 19-25, 2013.

TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D.; COOK, F. J.; KIRBY, J. M.; CARTER, M. R. Physical attributes of soil quality. **Developments in Soil Science**, vol. 25. Elsevier, New York, NY, pp. 21–58, 2007.

WATANABE, S. H.; TORMENA, C. A.; ARAUJO, M. A.; ... VIDIGAL FILHO, P. S. Resistência do solo à penetração e porosidade de aeração de um latossolo vermelho distrófico sob plantio direto por dois anos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 22, p. 1055-1060, 2008.

WILLIAMS, S. M.; WEIL, R. R. Crop cover root channels may alleviate soil compaction effects on soybean crop. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 68, n. 4, p. 1403-1409, 2004.



XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

**"Milho e Sorgo: inovações,
mercados e segurança alimentar"**
