

## Anatomia radicular de girassol em função do tráfego de trator agrícola e sistemas de manejo <sup>(1)</sup>.

**Fábio Régis de Souza<sup>(2)</sup>; Edgard Jardim Rosa Junior<sup>(2)</sup>; Carlos Ricardo Fietz<sup>(4)</sup>  
Yara Brito Chaim Jardim Rosa<sup>(2)</sup>; Anderson Cristian Bergamin<sup>(5)</sup>; Jeferson Sarate de Melo<sup>(6)</sup>;**

<sup>(1)</sup> Parte da tese de doutorado do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD.

<sup>(2)</sup> Professor Adjunto do Centro Universitário da Grande Dourados-UNIGRAN, Dourados, MS, e-mail [fabioagronomo@yahoo.com.br](mailto:fabioagronomo@yahoo.com.br);

<sup>(3)</sup> Professor Associado da Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, Dourados, MS.

<sup>(4)</sup> Pesquisador Carlos Ricardo Fietz da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS.

<sup>(5)</sup> Professor Assistente da Universidade Federal do Amazonas-UFAM, Humaitá, AM.

<sup>(6)</sup> Acadêmico do curso de agronomia do Centro Universitário da Grande Dourados, MS.

**RESUMO:** Os resultados da compactação do solo na raiz são a restrição ao crescimento e diminuição da acessibilidade dos nutrientes. Compactação do solo tem sido conhecida por causar reduções no crescimento e desenvolvimento em muitas culturas como o girassol. O objetivo deste trabalho foi avaliar características anatómicas da raiz de girassol e o teor de óleo dos aquênios submetidos a diferentes intensidades de tráfego de um trator agrícola e manejos visando a redução da compactação do solo. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 4, com quatro níveis de tráfego de trator agrícola (testemunha, um tráfego, três tráfegos e seis tráfegos) submetidos a quatro manejos (testemunha, gradagem, subsolagem três meses após a indução a compactação e subsolagem sete meses após a indução a compactação) com três repetições. As características avaliadas foram produtividade, teor de óleo dos aquênios e anatomia da raiz. Os resultados obtidos evidenciam que o tráfego de trator reduziu a produtividade, o teor de óleo e induz ao aumento dos vasos de metaxilema na raiz.

**Termos de indexação:** Qualidade física do solo, atributos físico-hídrico, trafegabilidade.

### INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) teve inicialmente o Peru definido como seu centro de origem, porém, pesquisas arqueológicas revelaram o uso do girassol por índios norte-americanos, o cultivo nos Estados de Arizona e Novo México, por volta de 3000 anos A. C. (SELMECZI-KOVACS, 1975). É a quarta maior fonte de óleo vegetal comestível do mundo após soja, a palma e a canola (Fernandez-Martinez et al., 2008) sendo cultivado em todos os

continentes, em uma área de cerca de 24 milhões de hectares (FAO, 2012).

Os fatores edafológicos que podem limitar o crescimento e desenvolvimento da cultura do girassol são biológicos, químicos e físicos. Dentre os fatores físicos do solo as alterações em atributos como porosidade, retenção de água, resistência a penetração e densidade do solo podem reduzir o desempenho agrônomo do girassol.

Portanto, o estado de compactação, fruto de distintas estratégias de manejo do solo, podem alterar os fatores físicos que promovem condições ideais ou limitantes ao crescimento vegetal.

Evidências consideráveis existem para mostrar que a compactação do solo, proveniente tanto de causas antropogênicas ou naturais, exerce enorme impacto sobre o estabelecimento, crescimento e rendimento de culturas em regiões tropicais, sendo conhecida por causar reduções no crescimento e desenvolvimento em muitas culturas, e entre elas o girassol (*Helianthus annuus* L.) (BOTTA et al., 2004, 2006, 2007).

Visando a redução do efeito da compactação do solo em algumas áreas tem se utilizado a escarificação e ou subsolagem. De Maria et al. (1999) comentam que a escarificação do solo promove a redução da densidade e a resistência a penetração. Embora a subsolagem possa melhorar as propriedades físicas do solo (Câmara & Klein, 2005), não há evidência do efeito em curta duração e varia de dois meses (Xu & Mermoud, 2001), a um ano (Reichert et al., 2009), mesmo a três anos (BUSSCHER et al., 2002).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o teor de óleo dos aquênios, produtividade e anatomia da raiz de girassol submetido a tráfego e sistemas de manejos do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área experimental de Agronomia do Centro Universitário da Grande Dourados - UNIGRAN, localizada no município de Dourados, MS. O clima da região é do tipo Am de Köppen (Tropical Monçônico), com precipitação média no mês mais seco de 49 mm e anual de 1.455 mm e temperatura no mês mais frio inferior a 18°C e no mais quente superior a 22 °C.

O solo foi um Latossolo Vermelho distroférrico, segundo Embrapa (2006), a composição granulométrica, determinada pelo método da pipeta foi 640 g kg<sup>-1</sup> de argila, 208 g kg<sup>-1</sup> de silte e 152 g kg<sup>-1</sup> de areia Claessen (1997), nos primeiros 0,20 m. As características químicas foram: pH (H<sub>2</sub>O) = 6,3; Ca<sup>2+</sup> = 8,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 3,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup> = 0,10 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al<sup>3+</sup> = 4,58 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; P = 7,6 mg dm<sup>-3</sup>; K = 1,8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e MO = 37 g kg<sup>-1</sup> (CLAESSEN, 1997).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, arranjados em esquema fatorial 4 x 4 (quatro níveis de compactação induzida e quatro manejos para promover a descompactação do solo) com 3 repetições, totalizando 48 parcelas.

Os tratamentos foram quatro intensidades de tráfego: Testemunha (condição atual, sem compactação adicional), com compactação adicional com um tráfego do trator, com três tráfegos do trator e com seis tráfegos do trator. O outro fator foram os manejos com premissa de ação de descompactação, sendo testemunha (sem manejo), gradagem (grade), subsolagem realizada três meses após a implantação dos tratamentos de compactação (SUB I) e subsolagem realizada sete meses após a implantação dos tratamentos de compactação (SUB II). As parcelas mediram 5 m de comprimento e 3,5 m de largura, possuindo uma área total de 17,5 m<sup>2</sup>.

A indução à compactação do solo foi realizada em 26 de março de 2010, dois dias após intensa precipitação pluvial, quando o solo possuía um conteúdo de água de muito próximo a capacidade de campo na camada de 0,0-0,20 m de profundidade, determinado conforme proposto em Claessen (1997).

Foi utilizado um trator agrícola John Deere 6800 (125 cv), com rodado de pneus diagonais e massa total de 6,8 Mg, com pressão interna de 82,8 kPa de ar nos pneus traseiros (23.1 – 30 95) e 75,8 kPa nos pneus dianteiros (14.9 – 26 12), sendo 39,5% da massa do trator distribuída no eixo dianteiro e 60,5% no eixo traseiro. A compactação foi realizada por meio da passagem lado a lado deste trator, perfazendo toda a superfície da parcela de forma que os pneus comprimissem áreas paralelas entre si. O número de vezes que a máquina trafegou variou conforme

o tratamento, sendo que o tráfego foi sobreposto ao anterior, de forma que toda área das parcelas fosse trafegadas com número igual de vezes.

Os manejos do solo foram realizados com subsolagem e grade. A gradagem foi realizada com um grade de arrasto com 16 discos de corte com diâmetro de 26" passando se de tal forma a perfazer toda a superfície da parcela. Esta operação foi realizada três meses após a compactação induzida pelo tráfego de trator agrícola, posteriormente foi realizada uma gradagem com grade niveladora com 36 discos de diâmetro de 18", sendo esta realizada uma semana antes da semeadura da cultura cultivada na safra.

Uma subsolagem (SUB I) foi em junho de 2010 e a outra em outubro de 2010 (SUB II). O subsolador utilizado apresentava as seguintes características: subsolador montado, com haste curva, ponteira sem asa de 0,07 m de largura, com cinco hastes espaçadas de 0,4 m e profundidade de trabalho de 0,5 m. Posteriormente foi realizada uma gradagem com grade niveladora com 36 discos de diâmetro de 18".

A cultura utilizada para avaliar o efeito da compactação e dos manejos adotados foi o girassol cultivar Embrapa 122. O estande utilizado para o espaçamento de 0,90 m foi de, aproximadamente, 66.000 plantas por hectare. O girassol foi semeado em 19 de março de 2011. A adubação de base realizada foi de 200 kg há<sup>-1</sup> da fórmula 04-14-08..

Os aspectos anatômicos da raiz de girassol foram determinadas em raízes de três plantas. Estas raízes foram submetidas a lavagem para separação do solo e, posteriormente, cortadas em fragmentos de 5 mm, fixados em formalina-acetato-álcool etílico a 50% (F.A.A. 50%) e armazenadas em geladeira até o início do processo de desidratação. A desidratação foi realizada em série alcoólica e os fragmentos de raízes foram embebidos em parafina e, posteriormente, em paraplast. Optou-se por avaliar a estrutura radicular nos diferentes tratamentos somente na camada de 0,05-0,10 m e 0,10-0,15 de profundidade, devido as maiores amplitudes da densidade do solo e macroporosidade nestas camadas. Foram realizados cortes transversais de 0,10 µm de espessura, em micrótomo rotativo, que foram corados com safranina Orange G- fast Green FCF.

Depois de serem montadas as lâminas permanentes, as imagens foram obtidas com um microscópio ocular micrométrica, e, em seguida, foram realizadas as medidas da espessura do córtex e do cambio vascular. Optou-se por realizar as medidas de raízes de estruturas secundárias, devido às raízes primárias serem muito finas, o que dificulta os cortes (QUEIROZ-

VOLTAN et al., 2000). A espessura do cambio vascular foi obtida mensurando-se o diâmetro em dois sentidos e as da espessura do córtex quatro medidas por imagem, obtendo-se média desses valores. Assim, foi estimada a razão entre o córtex e o cambio vascular.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e quando os fatores avaliados foram significativos pelo teste F, foi aplicado o teste de média de Tukey ao nível de 5%, utilizando-se do programa computacional ASSISTAT (SILVIA & AZEVEDO, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo da razão córtex/cilindro vascular apenas em função do tráfego de trator agrícola e não para os sistemas de manejo (**TABELA 1**).

Observa-se nas duas camadas avaliadas, que conforme aumentou o tráfego, reduziu a razão entre o córtex e o cilindro vascular. Bergamin et al. (2010) verificaram que houve aumento na razão entre o córtex e o cilindro vascular das raízes de milho com o aumento do tráfego de trator, divergindo dos resultados desse trabalho e de Lipiec et al. (2012). Vale ressaltar que tanto Bergamin et al (2010) e Lipiec et al (2012) avaliaram espécies de plantas monocotiledôneas. Estes últimos autores ainda inferem que medidas complementares de espessura do córtex em vários locais das seções transversais indicam que a compactação do solo resulta em maior variabilidade da espessura em todas as espécies de plantas.

A maioria das pesquisas sobre os aspectos anatômicos são realizadas em casa de vegetação e não em condição de campo. Em casa de vegetação os solos são introduzidos em vasos ou tubos e sofrem deformação estrutural, tornando-se limitante para averiguar o desempenho natural do sistema radicular.

Desta forma, pesquisas deveriam ser direcionadas a avaliar os aspectos anatômicos das raízes, submetidas a diferentes estados de compactação do solo, em ambiente de campo, pois em casa de vegetação as condições impostas são estáticas, e não consideram os efeitos dinâmicos do tráfego de máquinas, alterando a estrutura de poros.

Na Figura 1 são apresentadas as imagens dos tratamentos em função do tráfego de trator agrícola. Nota-se que ocorre deformações na estrutura anatômica das raízes, principalmente, conferindo alongamento das células e achatamento das raízes. Lipiec et al. (2012) comentam que ambientes compactados provocam alterações nos formatos dos poros que resultam em diferentes deformações anatômicas

**Tabela 1.** Valores médios da razão entre a espessura do córtex e do cilindro vascular (CO/CV) de raízes de girassol em função do tráfego de trator e dos manejos do solo na camada de 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m.

| Tráfego de trator  | Camadas          |                  |
|--------------------|------------------|------------------|
|                    | 0,05-0,10<br>(m) | 0,10-0,15<br>(m) |
| Testemunha         | 0,21 a           | 0,22 a           |
| T <sub>1</sub>     | 0,20 a           | 0,21 a           |
| T <sub>3</sub>     | 0,13 b           | 0,13 b           |
| T <sub>6</sub>     | 0,11 b           | 0,12 b           |
| Cv%                | 20,3             | 36,4             |
| Sistemas de manejo |                  |                  |
| Testemunha         | 0,19 a           | 0,19 a           |
| Grade              | 0,20 a           | 0,17 a           |
| SUB I              | 0,16 a           | 0,15 a           |
| SUB II             | 0,16 a           | 0,16 a           |
| Cv %               | 20,3             | 36,4             |

As médias seguidas pela mesma letra minúsculas na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Verifica-se que o calibre dos vasos de metaxilema obtidos neste trabalho são semelhante entre si para as condições de compactação do solo e que a coloração vermelha nos vasos do metaxilema é em função de lignificação da parede do vaso. Lipiec et al. (2012) inferem que sob condições de campo as respostas das raízes podem ser ainda influenciada por variações espaciais e temporais de água e da compactação do solo.

Observa-se que nos tratamentos submetidos à compactação surgiram numerosos metaxilema (**FIGURA 1 B, C e D**), comparado à testemunha (**FIGURA 1 A**). Estes resultados corroboram com o trabalho de Jaramillo et al. (1992) que, avaliando raízes de feijoeiro, observaram aumento no número de vasos metaxilema em função do aumento da densidade do solo.

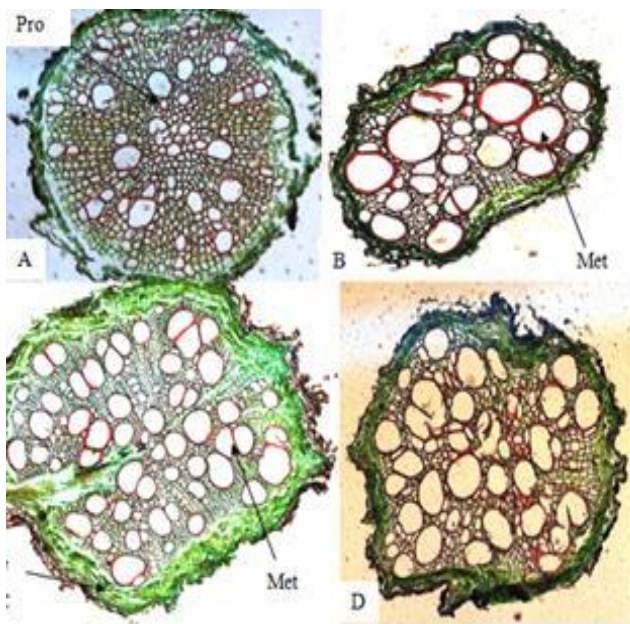


Figura 1. Cortes transversais de raízes de girassol com crescimento secundários provenientes dos tratamentos sem compactação e com compactação adicional por tráfego de trator (A) testemunha; (B) T1 um tráfego de trator (C) T3 três tráfegos e (D) T5 seis tráfegos Pro. Protoxilema; Met. Metaxilema; Pe. Periderme.

## CONCLUSÕES

O tráfego de trator induz ao aumento dos vasos de metaxilema na raiz.

## REFERÊNCIAS

BERGAMIN, A. C.; VITORINO, A. C. T.; FRANCHINI, J. C.; SOUZA, C. M. A.; SOUZA, F. R. Compactação de um Latossolo Vermelho distroférrico e suas relações com o crescimento radicular do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, p. 681-691, 2010.

BOTTA, G. F.; JORAJURIA, D.; BALBUENA, R.; RESSIA, M.; FERRERO, C.; ROSSATO, H.; TOURN, M. Deep tillage and traffic effects on subsoil compaction and sunflower (*Helianthus annuus* L.) yields. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v. 91, p.164-172, 2006.

BUSSCHER, W.J.; BAUER, P.J.; FREDERICK, J.R. Recompaction of a coastal loamy sand after deep tillage as a function of subsequent cumulative rainfall. *Soil Tillage Research*. v.68, p. 49-57, 2002.

CAMARA, R.K.; KLEIN, V.A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:789-796, 2005.

CLAESSEN, M. C. E. (Org). Manual de métodos de análise do solo. 2 ed. ver. Atual. Rio de Janeiro:Embrapa-CNPq, 1997.212p.

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de

soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, p. 703-709, 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006

FAO - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação. Crop Water Management. Sunflower. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/012/al375e/al375e.pdf>. Acesso em: maio 2012.

FERNANDEZ-MARTINEZ, J. M.; VELASCO, L.; PÉREZ-VICH, B. Progress in the genetic modification of sunflower oil quality. In: International Sunflower conference, 17, 2008, Cordoba. *Proceedings... Cordoba:Consejería de agricultura y pesca*, 2008. V.17, n.1, p.1-14.

JARAMILLO, G.; WHITE, J.W.; CRUZ, G. The effect of compaction on differentiation of late metaxylem in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Annals of Botany*, London, v.70, n.1, p.105-110, 1992

LIPIEC, J. *Soil Physical Conditions and Plant Roots*. CRC Press Inc., Boca Raton, FL. 1990.

SELMECZI-KOVACS, A. Akklimatisation und verbreitung der sonnenblume in Europa. *Acta Ethnographica Academiae Hungaricae*, Budapest, v.24, n. 1-2, p.47-88, 1975.SICZEK, A.; LIPIEC, J. Soybean nodulation and nitrogen fixation in response to soil compaction and surface straw mulching. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v. 114, p. 50-56, 2011

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. A new version of the assistat-statistical assistance software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4. 2006, Orlando. *Proceedings... Orlando: American Society of Agricultural Engineers*, 2006. p.393-396.

SILVA, A.P. Traffic soil compaction of an oxisol related to soybean development and yield. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.64, n. 6, p. 608-615, 2007

QUEIROZ-VOLTAN, R.B.; NOGUEIRA, S. dos S.S.; MIRANDA, M.A.C. de. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, p.929-938, 2000

REICHERT, J.M.; KAISER, D.R. Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, p. 933-942, 2008.

XU, D. MERMOUD, A. Topsoil properties as affected by tillage practices in North China. *Soil Tillage Research*, v. 60, p. 11-19, 2001.