

EMISSÃO DE CO₂ DO SOLO EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE DE TRABALHO EM SISTEMA DE PREPARO LOCALIZADO

RAFAEL S. BERTONHA¹, CARLOS EDUARDO A. FURLANI², DAVID L. WRIGHT³, FRANCIELE M. CARNEIRO⁴, RAFAEL H. DE FREITAS NORONHA⁴

¹ Eng. Agrônomo, Pós-doutorando pela UNESP/Jaboticabal (Bolsista CNPq) e Professor Doutor pelo ITES/Taquaritinga, Tel: 16 3253-8200/3209-7289, rafaelbertonha@gmail.com

² Engenheiro Agrônomo, Professor Doutor pela UNESP/Jaboticabal

³ Bacharel em Agricultura, Professor Doutor pela Universidade da Flórida (NFREC/IFAS), Quincy-FL

⁴ Engenheira(o) Agrônoma(o), Doutoranda(o) em Agronomia pela UNESP/Jaboticabal

Apresentado no
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

RESUMO: O sistema de preparo localizado do solo é considerado como um sistema conservacionista, pois visa a mobilização do solo somente na linha em que se deposita as sementes e adubo. Além disso, mantém grande parte da estrutura do solo conservada. O objetivo deste trabalho foi avaliar a área de solo mobilizado e a emissão de carbono (CO₂) do solo para a atmosfera em função da profundidade de trabalho em preparo localizado do solo. O experimento foi realizado no North Florida Research and Education Center - Universidade da Florida, Quincy-FL, em um solo franco-arenoso Dothan. As profundidades de preparo foram 26, 32 e 38 cm, em que se utilizou do KMC Rip-Strip para a abertura e preparo do sulco de plantio, constituído de duas hastes subsoladoras e discos para mobilizar o solo, espaçadas de 0,90 m. O Carbono orgânico total se acumulou em maior quantidade na camada 0,0-0,10 m do solo. Nos primeiros dias após o preparo localizado, o solo apresentou maior emissão de CO₂ em área mobilizada. O solo não-mobilizado (entre-fileira) com resíduos da cultura de cobertura sobre sua superfície apresentou os maiores valores de emissão total de CO₂.

PALAVRAS-CHAVE: mobilidade do carbono, preparo do solo, haste sulcadora.

SOIL CO₂ EFFLUX AS A FUNCTION OF WORKING DEPTH IN STRIP-TILLAGE SYSTEM

ABSTRACT: The strip-tillage system is regarded as a conservation system, because it aims soil disturbance only in the crop row on which is deposited the seeds and fertilizer. Furthermore, it retains much of the retained soil structure. Furthermore, it retains much of the conserved soil structure. The aim of this study was to evaluate the soil disturbance and the carbon emissions (CO₂) from the soil to the atmosphere due to the working depth in strip-tillage system. The experiment was conducted in the North Florida Research and Education Center, University of Florida, Quincy-FL, on a Dothan sandy loam soil (thermic Kandudult Plinthic). The working depths chosen were 26, 32 and 38 cm. To the strip-tillage operation, we used the Rip-strip KMC which consists of two subsoiler shanks and discs to loosen the soil, spaced of 0.90 m. The total organic carbon accumulated in greater quantity in the layer from 0.0 to 0.10 m. In the early days after strip-tillage operation, the soil showed the highest CO₂ emissions in the disturbed area. The non-mobilized soil (between-row) with cover crop residue on the surface had the highest values of total CO₂ emission.

KEYWORDS: carbon mobility, soil tillage, furrow opener.

INTRODUÇÃO

O preparo localizado do solo é considerado como uma das práticas agrícolas mais eficazes para reduzir a emissão de CO₂ e sequestrar o carbono atmosférico no solo (Kern e Johnson 1993; Curtin et al. 2000; Al-kaisi e Yin 2005). Estudos mostraram que a diminuição da intensidade do preparo reduz a mobilização do solo e as atividades microbianas, reduzindo assim a emissão de CO₂ (Lal e Kimble 1997; Curtin et al. 2000).

O dióxido de carbono é um substrato para a fotossíntese, que é a chave da reação da qual as plantas se assimilam com o carbono, e, pelo menos temporariamente, sequestra-o neste cenário (Salisbury e Ross, 1985).

O preparo localizado do solo em fileiras pode ser benéfico para a melhoria em longo prazo da qualidade do solo, controle de erosão e proteção do ambiente (Morrison, 2002; Luna e Staben, 2003).

De acordo com Celik et al. (2013), este tipo de preparo (preparo em faixas ou strip-tillage) é uma prática de conservação em que apenas as fileiras de semeadura são preparadas, geralmente, totalizando menos de 50% de área mobilizada.

De acordo com Baker et al. (2007), a mobilização do solo por práticas agrícolas foi a principal causa da perda histórica de carbono orgânico do solo na América do Norte, e que o sequestro substancial deste pode ser alcançado pela alteração do preparo convencional por métodos menos intensivos conhecidos como sistemas conservacionistas do solo.

A adoção de práticas agrícolas, incluindo o manejo conservacionista do solo, que aumenta a deposição de resíduos de plantas e ao mesmo tempo reduz a mobilização do solo, têm sido defendidas para ajudar a repor o carbono perdido do solo (Pacala e Socolow, 2004; Sperow et al., 2003). Os benefícios do carbono do solo, além de esforços de mitigação das alterações climáticas, incluem na maior produtividade de plantas, devido à retenção de água e nutrientes e na melhoria da qualidade do solo, do ar e da água (Reicosky, 2001).

Desta forma, mudanças no ambiente do solo, decorrentes de práticas de manejo inadequadas, podem levar a um rápido declínio deste reservatório, colaborando para o aumento das emissões de CO₂ (Lal e Kimble, 1997).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a área de solo mobilizado e a emissão de carbono (CO₂) do solo para a atmosfera em função da profundidade de trabalho em preparo localizado do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no North Florida Research and Education Center - NFREC/IFAS, município de Quincy - FL – EUA, em um franco-arenoso Dothan (Kandiudult Plíntico térmico). Na camada 0-23 cm, o solo apresenta cor marrom, areia fina, muito friável, muito ácido. Na camada 23-43 cm apresenta cor marrom amarelado arenoso fino, muito friável, muito ácido. Na camada 43-124 cm apresenta cor marrom amarelado areno-argiloso, médio, friável, muito ácido.

Os dados foram coletados antes e durante a implantação da cultura do milho.

Os resíduos vegetais deixados sobre o solo foram da cultura da aveia, dessecada 30 dias antes do início da implantação da cultura do milho, formando cobertura vegetal de 86%.

Para o preparo localizado do solo, utilizou-se o KMC Rip-Strip que consiste de 2 hastes subsoladoras (Figura 1), espaçadas de 0,90 m.

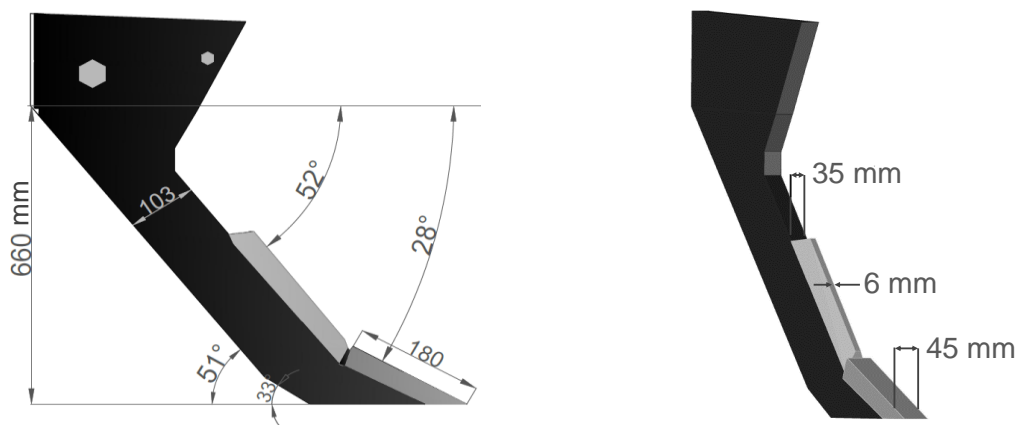


FIGURA 1. Características e dimensões da haste subsoladora para preparo localizado do solo.

Para tracionar o KMC Rip-Strip foi utilizado o trator New Holland TS110 com tração 4x2 TDA e potência máxima no motor de 109,5 cv (80,5 kW). A velocidade média do conjunto mecanizado foi de 4,5 km h⁻¹.

As profundidades de preparo definidas foram: 26 cm, 32 cm e 38 cm.

A operação de semeadura de milho foi realizada mecanicamente com semeadora pneumática de duas fileiras e discos duplos desencontrados para deposição da semente.

No solo foram avaliadas as variáveis: teor de água do solo: as amostras para determinação do teor de água do solo foram coletadas utilizando-se um trado holandês na camada de 0-50 cm, fracionadas em cinco partes iguais, ou seja, cinco profundidades, sendo calculado em base seca; cobertura vegetal: os resíduos vegetais da cultura da aveia (antecessora ao milho), foram avaliados pelo método adaptado de Hartwig e Laflen (1978) e Laflen et al. (1981), que consistiu na colocação de duas linhas na diagonal da parcela, sendo demarcada com fita, totalizando 120 pontos. Foram considerados como resíduos vegetais os restos culturais que se apresentavam sob a demarcação da fita.

Para a variável mobilização do solo, realizou-se a abertura do sulco de manualmente até ser localizada a camada compactada, sendo possível modelar o sulco. As variáveis avaliadas foram largura e profundidade do sulco, sendo estas avaliações realizadas com perfilômetro constituído de 29 varetas, espaçadas de 2 cm e altura de 55 cm. Adaptado de BERTONHA et al. (2014).

A área mobilizada de solo no sulco foi realizada pela aquisição de imagens obtidas do perfilômetro, em que os dados foram lançados em uma planilha eletrônica do programa Microsoft Excel®, obtendo-se assim a área da seção transversal de solo mobilizada pela haste subsoladora, utilizando a unidade de cm². Esta metodologia foi retirada de BERTONHA et al. (2014) e BERTONHA et al. (2015).

Para a avaliação do fluxo de gases CO₂, primeiramente foram fixados três anéis de PVC no solo, na fileira e entre-fileira da cultura do milho, porém foram retirados os resíduos vegetais da parte de dentro dos anéis e também outro anel na entre-fileira da cultura com resíduos dentro do mesmo. Para as medições do fluxo de CO₂, utilizou-se o equipamento LICOR LI8100 que consiste de câmara de avaliação de gases de 20 cm de diâmetro, obtendo leituras a cada segundo. Junto desta avaliação foram utilizadas duas sondas para avaliar a temperatura e o teor de água do solo, expressas em °C e kg kg⁻¹, respectivamente.

Para a avaliação da concentração de carbono orgânico total do solo (COT) em função do manejo, foram coletadas amostras de solo na fileira e entre-fileira da cultura do milho na profundidade de 0,10-0,40 m, fracionadas em 4 partes iguais, ou seja, quatro profundidades, sendo analisado pelo método proposto por Heanes (1984), que consiste do uso do dicromato de potássio, ácido sulfúrico e sacarose como reagentes e calibradores. A coleta do solo para esta análise foi realizada 30 dias após o preparo localizado do solo.

O espectrofotômetro utilizado para leituras de carbono orgânico total do solo foi o Cary 50 Bio, UV-Visible - Varian.

Os dados foram analisados pelos programas estatísticos Sisvar e Assistat, resultando em análises de variância e, quando significativos, aplicou-se o teste de Tukey à 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Para a análise gráfica foi utilizado o programa Origin 6.0 (Origin Lab Cooperation, Northampton, MA, USA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água do solo (Figura 2), obtido no momento da operação de preparo apresentou maior porcentagem de água nas camadas mais profundas do solo.

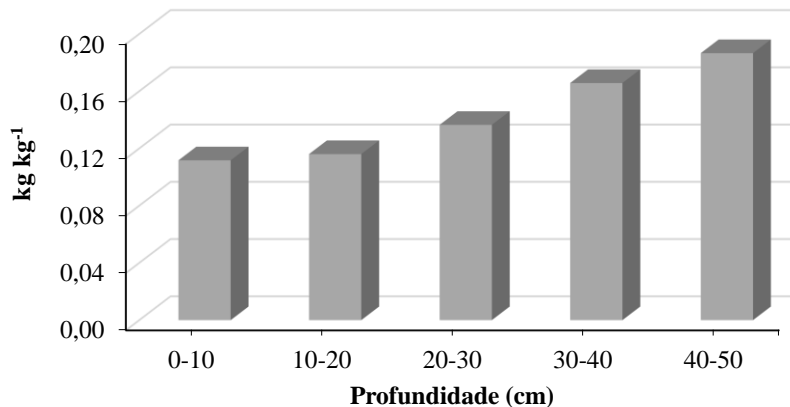


FIGURA 2. Teor de água do solo durante a operação de preparo localizado e no momento da aquisição dos dados de resistência mecânica do solo à penetração.

A cobertura vegetal, resultado da dessecação da aveia antes da implantação da cultura do milho, apresentou média de 86% de resíduos vegetais na superfície do solo (Figura 3).

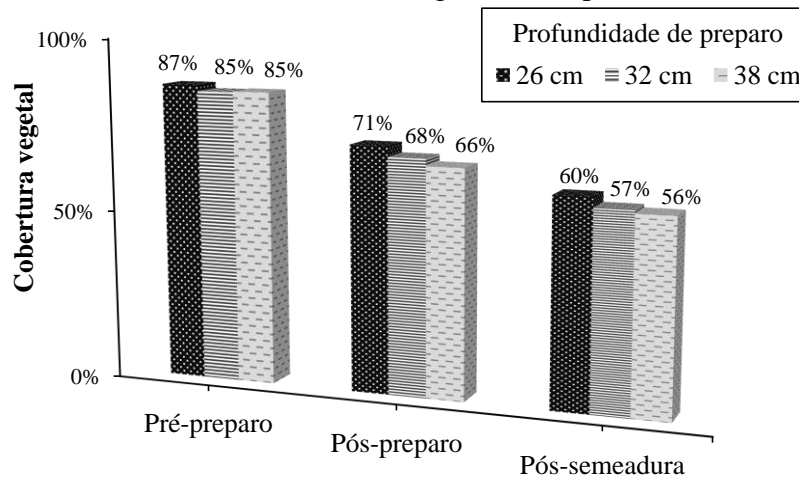


FIGURA 3. Cobertura vegetal dos restos culturais da cultura da aveia antes e depois das operações mecanizadas para a implantação da cultura do milho sob três profundidades de preparo do solo.

Após o preparo do solo, a incorporação desses resíduos foi de 16%, 17% e 19% para as profundidades de preparo de 26, 32 e 38 cm, respectivamente. Após a semeadura (12 dias depois do preparo do solo), houve incorporação e decomposição de material vegetal da superfície do solo, sendo esta de 10%.

Bertol et al. (1998) avaliando a persistência dos resíduos culturais de aveia sobre a superfície do solo em sistema plantio direto (SPD), relataram que nos dois campos experimentais foi constatado que a taxa de decomposição dos resíduos culturais de aveia foi, 100% maior nos primeiros 45 dias do que no restante do período experimental. Isso mostra

que 12 dias após o preparo do solo localizado, sendo este considerado como preparo conservacionista, a cultura da aveia se decompôs lentamente, uma vez que a semeadora utilizou apenas discos duplos para deposição das sementes e discos em “V” para fechamento do sulco.

A mobilização de solo apresentou aumento de acordo com o aprofundamento das hastes (Tabela 1). Não houve diferença para a variável largura do sulco, fato este interessante, pois conforme se aprofunda a haste no solo, menor é o ângulo de abertura do sulco (Tabela 2). De acordo com o perfil do sulco, constata-se que houve mobilização em maior profundidade, mesmo o ângulo do sulco sendo menor, significando que é possível trabalhar com este tipo de haste sulcadora em profundidades de 38 cm.

TABELA 1. Análise de variância para mobilização do solo, largura e profundidade do sulco após a passagem da haste sulcadora.

Profundidade	Mobilização cm ²	Largura cm	Profundidade cm
26 cm	661,2 c	35,2	27,0 c
32 cm	783,8 b	35,5	32,6 b
38 cm	1014,8 a	36,1	38,6 a
Teste F	22,99**	0,17 ^{ns}	275,96**
CV (%)	12,9	9,5	2,9

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; CV: coeficiente de variação (%). **significativo (P<0,01).

TABELA 2. Perfil e ângulo de abertura do sulco em função da profundidade de preparo localizado do solo.

Profundidade de preparo	∠ Esquerdo*	∠ Direito*
26 cm	41° a	38° a
32 cm	36° b	30° b
38 cm	29° c	27° b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05);

*Teste significativo (P<0,01) com valor F de 11,8 para o ∠ direito e 22,7 para o ∠ esquerdo do sulco, e coeficiente de variação de 13,9% e 10,9%, respectivamente.

A profundidade de preparo efetiva se apresentou próxima da teórica, mesmo com o equipamento sendo acoplado no sistema hidráulico de três pontos do trator, assim, não havendo desestabilização na operação de abertura do sulco.

Os teores médios de carbono orgânico total (COT) apresentaram valores mais elevados na camada de 0-10 cm, tanto para condição do solo, quanto para profundidade de preparo do solo (Tabela 3). Isto ocorre devido a cultura de cobertura (aveia) não ter sido incorporada, em que apenas o ambiente influencia na estabilização do estoque de carbono nesta camada. Al-Kaisi e Yin (2005) constataram aumento significativo de COT na camada 0,0-0,10 m no preparo localizado do solo em comparação com preparo do solo por escarificação.

Bayer et al. (2004) constataram que os maiores aumentos no estoque de COT ocorreram nas camadas superficiais do solo, variando de 39% a 53% na camada de 0-2,5 cm no solo sob SPD com culturas outonais e estivais anualmente, em comparação a mesma camada de solo em preparo do solo convencional.

Reicosky et al. (1995) salientam que, mesmo nos casos em que não há aumento de matéria orgânica na camada arável do solo em SPD, o acúmulo de resíduos culturais sobre o solo e de matéria orgânica nas camadas superficiais do solo resultam em efeitos importantes

em relação à ciclagem de nutrientes, agregação, atividade microbiana, movimento e armazenamento de água, e troca de gases com a atmosfera. Assim, é possível afirmar que o sistema de preparo localizado é um sistema de preparo conservacionista do solo, pois mantém boa parte dos resíduos vegetais sobre a superfície do solo, mantendo também toda sua estrutura, preservando então o ambiente em seu estado natural.

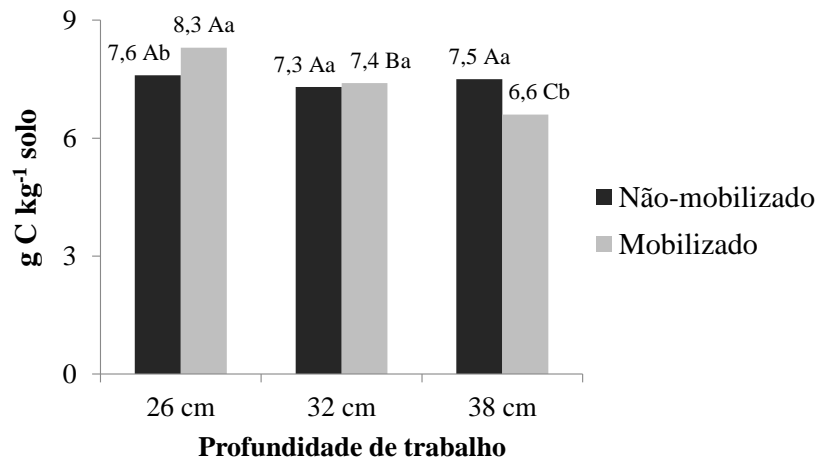
TABELA 3. Análise de variância para o carbono orgânico total do solo em função da profundidade de preparo localizado e condição do solo.

Condição do solo (C)	C orgânico total (g kg ⁻¹)			
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm
Mobilizado	7,4	6,8	5,7	4,3
Não mobilizado	7,4	6,9	6,3	4,3
Profundidade (P)				
26 cm	7,9	7,1	5,9	4,0
32 cm	7,4	6,8	5,8	4,2
38 cm	7,0	6,7	6,4	4,6
Média	7,4	6,8	6,0	4,3
Teste F				
C	0,00 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,75 ^{ns}
P	7,03 ^{**}	0,00 ^{ns}	2,76 ^{ns}	0,00 ^{ns}
CxP	5,41 ^{**}	0,43 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,14 ^{ns}
CV (%)	9,6	13,6	20,2	30,6

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; C.V.: coeficiente de variação (%). **significativo (P<0,01). *significativo (P<0,05); ns: não significativo.

Houve interação entre os tratamentos para o carbono orgânico total (COT) do solo para a camada 0-10 cm (Figura 4). Observa-se que na fileira de semeadura o teor de COT foi decrescendo conforme se aprofundou a haste no solo, ou seja, ocorre um aumento na velocidade de decomposição da matéria orgânica do solo que, devido a maior área de solo mobilizado e mais exposto ao calor, ocorre a diminuição dos teores de COT. Isso representa 10% de perda de carbono a cada 6 cm de profundidade de preparo, ou seja, conforme se aprofunda a haste no solo, menor é a qualidade da estrutura do solo. Observa-se também que quando a haste trabalhou a 26 cm de profundidade, houve maior teor de COT na fileira de semeadura do que em solo não-mobilizado. A haste sulcadora tem a ação de elevar o solo da subsuperfície para a superfície e o solo da parede do sulco tende a cair dentro do mesmo, assim, todo material que estava na superfície não mobilizada é transportado para o sulco, porém, com o tempo o teor de COT se perde por estar exposto, recebendo rápida degradação pelo calor.

Bertol et al. (2004), estudando as propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, verificaram que o teor de carbono orgânico foi 27% maior na área de plantio direto e 54% maior no campo nativo em comparação a área de preparo convencional, para a profundidade de 0-10 cm. Os autores relatam também que, na profundidade de 0,0-2,5 cm, essas diferenças foram ainda maiores, sendo 56 e 77%, respectivamente, para plantio direto e campo nativo em comparação ao preparo convencional do solo.



Letra maiúscula para condição do solo em diferentes profundidades de preparo. Letra minúscula para profundidade de preparo dentro de cada condição de solo.

FIGURA 4. Interação entre profundidade de preparo localizado e condições do solo para carbono orgânico total na camada 0-10 cm.

Nota-se que para o teor de água do solo houve precipitação, com chuvas entre os 5 e 10 dias após o preparo do solo (DAP), apresentando também as temperaturas mais elevadas de todo o ciclo da cultura do milho (Figura 5). Observa-se também que em momentos de déficit hídrico (60 DAP), o solo não-mobilizado reteve mais água que o solo mobilizado e, em situações de temperatura elevada, o solo mobilizado apresentou pequeno aumento em relação em relação ao não-mobilizado.

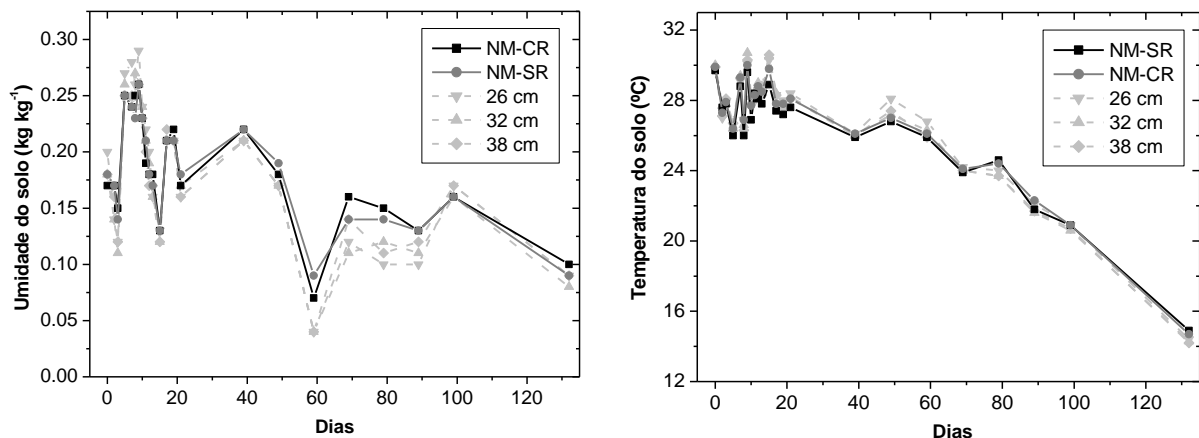
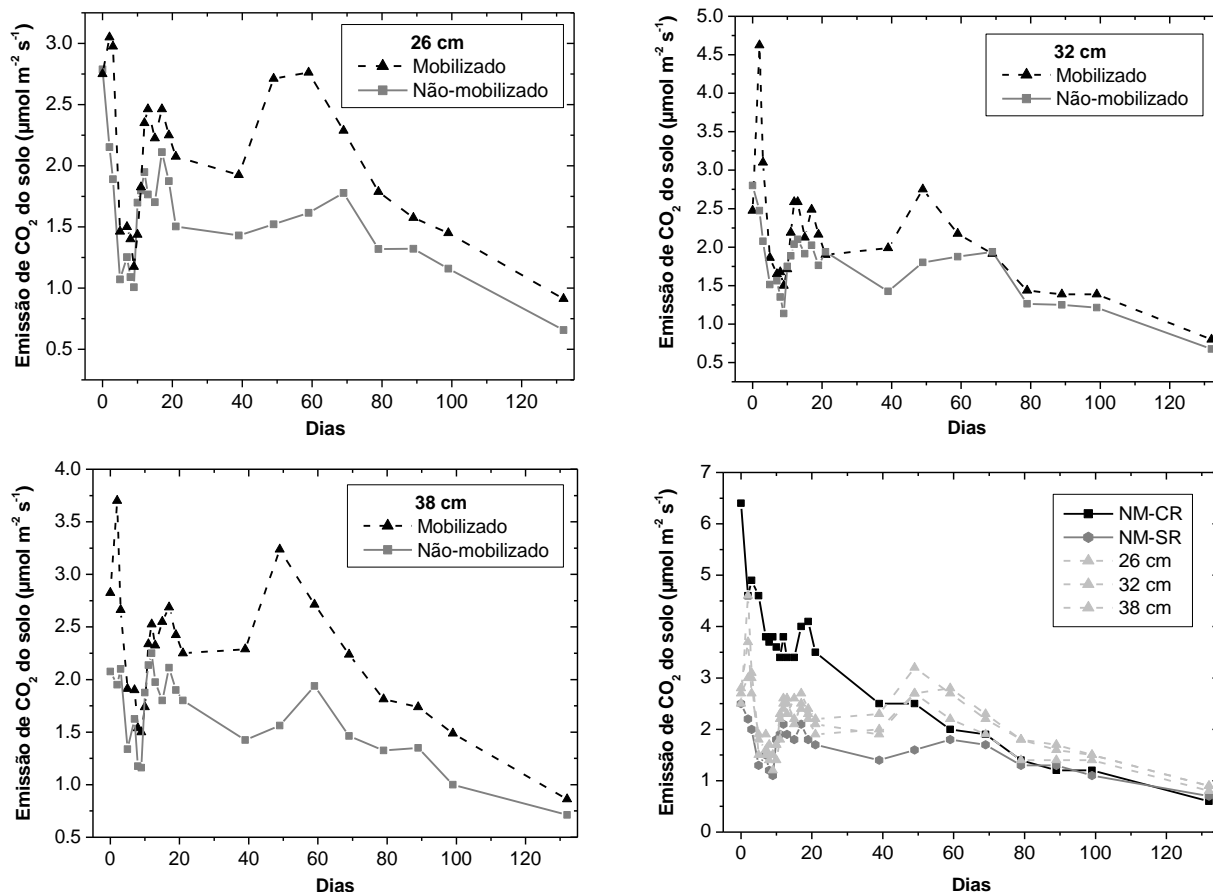


FIGURA 5. Teor de água e temperatura do solo durante coleta de dados de emissão de CO₂.

Na Figura 6 são apresentados os resultados da análise temporal das emissões de CO₂ do solo em função da profundidade de preparo localizado do solo e das condições do mesmo. As emissões iniciais de gases de CO₂ após o preparo localizado do solo foram 41, 86 e 91% para as profundidades de preparo de 26, 32 e 38 cm, respectivamente, 1 dia após o preparo localizado do solo (DAP).



NM-CR: solo não-mobilizado com resíduos vegetais; NM-SR: solo não-mobilizado sem resíduos vegetais.
 FIGURA 6. Análise temporal da emissão de CO₂ em função da profundidade de preparo localizado (26, 32 e 38 cm) e resíduo vegetal sobre o solo.

Para os 2 DAP houve um fato interessante entre as profundidades de preparo do solo, em que as emissões apresentaram resultados de 57, 48 e 27% na ordem de menor para maior profundidade de preparo do solo. Este fato ocorre devido os gases de CO₂ terem sido emitidos mais rapidamente na maior profundidade de preparo do solo, por causa da maior mobilização causada pela haste subsoladora nesta profundidade.

Houve diminuição das emissões de gases CO₂ do 5º ao 10º DAP, devido ao período de chuvas ocorrido entre esses dias.

No período dos 45 DAP constata-se um retorno significativo das emissões de gases. De acordo com a Figura 6, nota-se que nesse período houve déficit hídrico e leve aumento na temperatura do solo, acarretando em 78, 52 e 105% a mais nas emissões de CO₂ para as profundidades de 26, 32 e 38 cm, respectivamente.

As emissões de CO₂ diminuíram após os 50 DAP em função da queda de temperatura do solo (Figura 5).

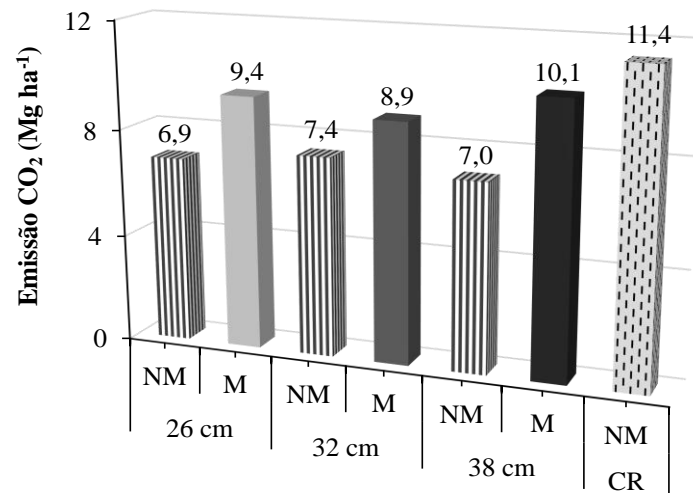
Na área de solo mobilizado em função das profundidades de preparo localizado as emissões são superiores à área de referência (solo não-mobilizado), com exceção para a profundidade de preparo de 32 cm, pois houve estabilização das emissões a partir dos 65 DAP até o final do ciclo da cultura do milho.

Outro fato muito interessante é a emissão de gases em área de solo não-mobilizado coberta por resíduos de palha de aveia. Comparando-se esta condição com solo sem cobertura vegetal, constata-se que a palhada de aveia sobre o solo emite significativamente mais CO₂ para a atmosfera do que em solo nu, apresentando valores 244% maiores nos 9 DAP devido a temperatura do solo apresentar-se alta (30°C). Mesmo com o solo úmido nos primeiros DAP

em virtude das chuvas, as emissões em áreas com palha sobre a superfície do solo foram maiores que as demais condições do solo.

É importante ressaltar que após os 50 DAP houve estabilização nas emissões de CO₂, possivelmente pela degradação total da palhada de aveia que estava sobre a superfície do solo.

Na emissão total de CO₂ do solo (Figura 7) observa-se que a área de solo mobilizado pela haste subsoladora emitiu mais gases do que em área de solo não-mobilizado, apresentando valores 36%, 20 e 44% a mais nas emissões totais para as profundidades de preparo localizado de 26, 32 e 38 cm, respectivamente.



NM: solo não-mobilizado, M: solo mobilizado, ambos sem resíduo na superfície; CR: superfície do solo com resíduo vegetal.

FIGURA 7. Emissão total de CO₂ do solo em função da profundidade de preparo localizado (26, 32 e 38 cm) e condições do solo.

Constata-se ainda que em solo não-mobilizado com resíduos da cultura de cobertura (aveia) sobre o solo, as emissões totais de CO₂ foram 13% maiores comparado ao solo mobilizado na profundidade de preparo de 38 cm, e 60% maiores, comparado com a área de solo não-mobilizado e sem resíduo em sua superfície.

CONCLUSÕES

Quanto maior a profundidade de preparo localizado do solo, maior é a área de solo mobilizado e menor é o ângulo do sulco.

O solo não-mobilizado com resíduos da cultura de cobertura sobre a superfície apresentou os maiores valores de emissão total de CO₂, sendo superior às áreas de solo mobilizado sem resíduos.

Aos 50 DAP houve estabilização das emissões de gases CO₂ em áreas de solo não-mobilizado que apresentavam resíduos de cultura de cobertura.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Capes (Projeto n° 8618-12-7) e ao CNPq (Projeto n° 150064/2016-0) pela concessão da bolsa de estudo e à Universidade da Flórida pela área experimental e equipamentos.

REFERÊNCIAS

AL-KAISI, M.M.; YIN, X. Tillage and crop residue effects on soil carbon and carbon dioxide emission in crop-rotation. **Journal of Environmental Quality**, 34:437-445, 2005.

BAKER, J.M.; OCHSNER, T.E.; VENTEREA, R.T.; GRIFFIS, T.J. Tillage and soil carbon sequestration - What do we really know? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 118:1-5, 2007.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39(7):677-683, 2004.

BERTOL, I.; CIPRANDI, O.; KURTZ, C.; BAPTISTA, A. S. Persistência dos resíduos culturais de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 22:705-712, 1998.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.A.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.; ZOLDAN JUNIOR, W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas ao campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 28:155-163, 2004.

BERTONHA, R.S.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, V.F.A.; CHIORDEROLI, C.A. Fuel demand as a function of furrow opener and soil conditions in no-tillage system. **African Journal of Agricultural Research**, 10(11):1266-1272, 2014.

BERTONHA, R.S.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, V.F.A.; WRIGHT, D.L. Tractor performance and corn crop development as a function of furrow opener and working depth in a red latosol. **Australian Journal of Crop Science**, 9(9):812-818, 2015.

CELIK, A.; ALTIKAT, S.; WAY, T.R. Strip tillage width effects on sunflower seed emergence and yield. **Soil & Tillage Research**, 131:20-27, 2013.

CURTIN, D.; WANG, H.; SELLES, F.; MCCONKEY, B.G.; CAMPBELL, C.A. Tillage effects on carbon fluxes in continuous wheat and fallow-wheat rotations, **Soil Science Society of America Journal**, 64:2080-2086, 2000.

HARTWIG, R.O.; LAFLÉN, J.M. A meterstick method for measuring crop residue cover. **Journal of Soil and Water Conservation**, 33(2):90-91, 1978.

HEANES, D.L. Determination of total organic-C in soils by an improved chromic acid digestion and spectrophotometric procedure. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 15(10), 1191-1213, 1984.

KERN, J.S.; JOHNSON, M.G. Conservation tillage impacts on national soil and atmospheric carbon levels, **Soil Science Society of America Journal**, 57:200-210, 1993.

LAFLÉN, J.M.; AMEMIYA, M.; HINTZ, E.A. Measuring crop residue cover. **Journal of Soil and Water Conservation**, 36(6):341-343, 1981.

LAL, R.; KIMBLE, J.M. Conservation tillage for carbon sequestration. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 49:243-253, 1997.

LUNA, J.; STABEN, M. **Using Strip Tillage in Vegetable Production Systems in Western Oregon**. Oregon State University Extension Service, EM 8824. 12p. 2003.

MORRISON, J.E. Strip tillage for no-till row crop production. **Applied Engineering in Agriculture**, 18(3):277-284, 2002.

PACALA, S.; SOCOLOW, R. Stabilization wedges: Solving the climate problem for the next 50 years with current technologies. **Science** 305:968-972, 2004.

REICOSKY, D.C.; KEMPER, W.D.; LANGDALE, G.W.; DOUGLAS, C.L.; RASMUNSSON, P.E. Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production. **Journal of Soil and Water Conservation**, 50:253-261, 1995.

REICOSKY, D.C. Conservation agriculture: Global environmental benefits of soil carbon management. In Garcia-Torres L, Benites J, Martinez-Vilela A (eds) **Conservation Agriculture: A Worldwide Challenge**. Cordoba, Spain, XUL, pp 3-12. 2001.

SPEROW, M.; EVE, M.; PAUSTIAN, K. Potential soil C sequestration on U.S. agricultural soils. **Climatic Change**, 57:319-339, 2003.