



## Emissão de CO<sub>2</sub>, atributos físicos e carbono orgânico total em diferentes sistemas de preparo do solo

Carla da Penha SIMON<sup>1\*</sup>, Edney Leandro da VITÓRIA<sup>1</sup>, Élcio das Graça LACERDA<sup>2</sup>,  
Yago Soares AVANCINI<sup>1</sup>, Tatiana Fiorotti RODRIGUES<sup>1</sup>, Cátia Aparecida SIMON<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, ES, Brasil.

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Santa Teresa, ES, Brasil.

<sup>3</sup>Departamento de Microbiologia Agrícola, ESALQ-USP, Piracicaba, SP, Brasil.

E-mail: [carla.simon@gmail.com](mailto:carla.simon@gmail.com)

Recebido em março/2018; Aceito em junho/2019.

**RESUMO:** Objetivou-se quantificar o CO<sub>2</sub>, atributos químicos e físicos do solo são influenciados por diferentes manejos de preparo do solo. O Delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, sendo os tratamentos: Sistema de Plantio Direto (SPD), Cultivo Mínimo e Preparo Convencional (PC), e como referência: área de vegetação nativa (Mata), contando com seis repetições cada variável de estudo. Além da comparação por teste médias, foi realizada uma análise exploratória das leituras nos sistemas de preparo do solo, onde o CO<sub>2</sub> foi traduzido graficamente num diagrama o *box-plot*. As variáveis avaliadas foram: CO<sub>2</sub> obtido por meio de um analisador de gás infravermelho; os atributos físicos do solo: Densidade do solo (Ds), Volume Total de Poros (VTP), Macroporosidade (Ma), Microporosidade (Mi), Resistência a Penetração do solo (RPS) e o atributo químico: carbono orgânico total (COT). O fluxo CO<sub>2</sub> do solo apresentou diferença significativa entre o SPD e o PC; valores médios encontrados para SPD, CM, Mata e PC foram 2,30; 2,25; 2,18; e 1,39  $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , respectivamente; o COT apresentou seu maior valor na área de Mata (32,95  $\text{gkg}^{-1}$ ) diferindo estatisticamente das demais áreas. Observou-se uma menor emissão de CO<sub>2</sub> do solo no PC, pois o sistema apresenta baixo aporte de carbono orgânico.

**Palavras-chave:** sistema de preparo convencional; cultivo mínimo; preparo convencional; carbono orgânico total.

## CO<sub>2</sub> emission, physical attributes and total organic carbon in different soil preparation systems

**ABSTRACT:** The objective was to quantify the CO<sub>2</sub>. Chemical and physical attributes of the soil are influenced by different management of soil preparation. The experimental design was completely randomized, with the treatments: no-tillage (NT), minimum tillage (MT) and conventional tillage (CT), and as reference: native forest (NF), with six replicates each study variable. In addition to the mean test comparison, an exploratory analysis of the readings was performed in the soil preparation systems, where CO<sub>2</sub> was graphically translated into a box-plot diagram. The variables evaluated were: CO<sub>2</sub> obtained by means of a infrared gas analyzer; density (Bd), total pore volume (TPV), macroporosity (Ma), microporosity (Mi), resistance to soil penetration (RSP) and chemical attribute: total organic carbon (TOC). The CO<sub>2</sub> soil flux presented a significant difference between NT and CT; where respectively the mean values found for SPD, CM, Mata and PC were 2.30; 2.25; 2.18; and 1.39  $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ; the COT had its highest value in the Mata area (32.95  $\text{gkg}^{-1}$ ), differing statistically from the other areas. It was observed a lower CO<sub>2</sub> emission of the soil in the PC, because the system has low input of organic carbon.

**Keywords:** no-tillage; conventional tillage; minimum tillage; total organic carbon.

### 1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas globais vêm sendo discutidas no mundo inteiro (OERTEL et al., 2015; RIAHI et al., 2016), as preocupações mundiais estão voltadas para todos os setores econômicos; e na agricultura o uso do solo está em foco. A agricultura desempenha um papel importante na regulação da troca de gases de efeito estufa (GEE's) entre os solos e a atmosfera na maioria dos países tropicais e subtropicais (MOSIER et al., 2006). Conforme o MCTI (2016) o Brasil chega a contribuir com 3,4% das emissões globais de CO<sub>2</sub> o que corresponde a emissão anual de 2,278 bilhões de toneladas brutas de gás carbônico equivalente (CO<sub>2</sub>e).

Dentre este os GEE's o CO<sub>2</sub> é o mais produzido pelo homem (NASA, 2017) chamando a atenção da comunidade científica. Essas emissões se dão em decorrência de uma série de fatores relacionados às atividades antrópicas como: desmatamento; queima de combustíveis fósseis; queimadas, uso inadequado do solo (substituição da cobertura vegetal); e mudanças no uso da terra visando a expansão agrícola e a urbanização. Todas essas mudanças afetam diretamente a dinâmica e o ciclo do carbono, refletindo em profundas alterações ambientais e climáticas (BAYER et al., 2016). Na dinâmica do ciclo do carbono no solo, o CO<sub>2</sub> é produzido na superfície, principalmente por microrganismos que atuam na

decomposição aeróbica da matéria orgânica do solo, e pela respiração de raízes, a qual é denominada de respiração do solo (RAICH; SCHLESINGER, 1992).

Conforme o IPCC (2013) os solos agrícolas, dependendo do sistema de manejo a que forem submetidos, podem se tornar fontes ou drenos dos GEE's. Assim, alternativas estão sendo avaliadas para o uso mais sustentável dos solos, com o objetivo de trazer melhorias a qualidade edáfica, tornando o sistema mais rentável.

Neste contexto, o manejo conservacionista, como por exemplo, o plantio direto, é uma alternativa viável por proporcionar melhoria da qualidade do solo, garantindo a manutenção da produção (SCHUTTER, 2012; SOUZA et al., 2013; WEZEL et al., 2014). O sistema de plantio direto condiciona solos vivos e bem agregados, manutenção da biodiversidade, proteção dos solos contra o aquecimento excessivo e erosão e bom desenvolvimento das raízes (MUZILLI, 1983; LOSS et al., 2015). Tais fundamentos são imprescindíveis para o sucesso da implantação do manejo conservacionista nas lavouras.

O cultivo mínimo recebe esta denominação, pois contempla práticas que visam o preparo mínimo do solo. Essa técnica consiste, geralmente, no preparo do solo e plantio ao mesmo tempo, em um menor número possível de operações mecanizadas.

Já o preparo convencional trabalha com o rompimento dos agregados na camada preparada através dos procedimentos de aração e gradagem, em área total aceleram a decomposição da matéria orgânica, refletindo-se negativamente na resistência dos agregados do solo (CARPENEDO; MIELNICZUK, 1990). Inúmeros são os problemas ocasionados deste tipo de preparo do solo, dentre estes podemos destacar a desagregação na superfície pelo impacto das gotas após uma chuva intensa, com redução da taxa de infiltração de água (BERTOL et al., 2001) e aumenta no escoamento superficial e erosão hídrica (BERTOL et al., 1997), em relação aos outros sistemas de preparo do solo.

Os atributos físicos do solo são considerados indicadores eficientes da saúde qualidade do solo, manejados nos sistemas agrícolas, uma vez que são a resultante de processos contínuos impressos pelo manejo adequado. Segundo Pragna et al. (2012), os indicadores mais usados para a qualidade são a resistência mecânica à penetração do solo, conteúdo de água no solo, densidade e macro e microporosidade. São considerados indicadores, pois variam de acordo com o sistema de manejo e permitindo o monitoramento contínuo.

O objetivou-se avaliar se a emissão de CO<sub>2</sub>, atributos químicos e físicos do solo são influenciados por diferentes topos de manejo de preparo do solo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização do local de estudo

O estudo foi realizado na área experimental do IFES - Campus Santa Teresa, Espírito Santo (19°48'17"S, 40°40'34"O), agosto/2016 a março/2017. A altitude média do local é de 125 m acima do nível médio do mar. O clima da região é caracterizado segundo a classificação de Köppen como temperado úmido, Cwa, com inverno seco e verão quente. Na área de estudo a precipitação média anual foi de 1.161 mm, com temperatura média anual de 24,4 °C. O solo predominante é um Latossolo Amarelo, com textura argilosa. O trabalho foi desenvolvido em uma época de crise hídrica

estadual reconhecida nacionalmente pelos órgãos competentes, e conforme afirmam Fowler et al. (2009)

Os tratamentos consistiram nos sistemas de preparo do solo: plantio direto (SPD), cultivo mínimo (CM), preparo convencional (PC). e um tratamento controle, uma área de floresta do bioma Mata Atlântica (Mata).

Os preparos do solo foram realizados sob a área de um pivô central com área total de 12 ha. O SPD foi adotado em uma área de 4 ha desde o ano de 2009, com realização de rotação de culturas (feijão - milho - mucuna ou sorgo) onde o principal objetivo é o manejo da cobertura do solo. Os cultivos sempre realizados de modo mecanizado, através de máquinas especializadas para plantio direto.

O cultivo mínimo (CM) foi implantado em uma área onde se realizavam algumas práticas conservacionistas como o plantio direto de grãos e pousio. As operações mecanizadas consistiram apenas no uso de um escarificador e plantio com semeadora adubadora.

O preparo convencional (PC) do solo é realizado há mais de 30 anos em uma área de aproximadamente 5 ha, sendo que a área utilizada para estudo contou com 2,5 ha, que nos últimos anos vem sendo cultivada com a cultura do milho, destinado a silagem explorada com duas safras ao ano. O preparo do solo foi caracterizado pelas operações de aração e gradagem.

A área de referência é um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual, pertencente ao bioma Mata Atlântica (IBGE 2012), localizada a 2 km da área de estudo.

### 2.2 Coleta dos dados

As leituras para determinação do fluxo CO<sub>2</sub> do solo ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) foram realizadas por meio de uma câmara de sistema fechado automático (*LI-COR Biosciences*, Lincoln, NE, USA), que utiliza um analisador de gás infravermelho modelo LI-8100A, com câmara opaca, modelo LI-8100-104C. Esse sistema trabalha amostrando a concentração de gás carbônico por espectroscopia de absorção óptica. Para realização das leituras foi necessária a instalação prévia, no solo de estudo, de colares de tubo PVC, apresentando as dimensões de 0,203 m de diâmetro por 0,1143 m de altura, com *chamber off-set* de 0,02 m. As leituras foram realizadas ao longo de um dia, durante cinco dias, de hora em hora das 08h às 11h e de 15h às 17, contando com 6 repetições.

Os atributos físicos dos solos foram avaliados na faixa de profundidade de 0 a 0,20 m, sendo que dentro de cada área de estudo os pontos de coleta foram distribuídos aleatoriamente. Determinaram-se a densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp), porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e carbono orgânico total (COT), ambos conforme EMBRAPA (1997).

A Dp foi determinada pelo método do balão volumétrico e a Ds foi determinada pelo método do anel volumétrico. A Pt foi calculada com base na Ds e na Dp ( $PT = 1 - Ds/Dp$ ). A Mi foi determinada empregando-se mesa de tensão (6 kPa) e a Ma pela diferença entre a Pt e a Mi.

### 2.3 Análise dos dados

Para realizar a seleção dos dados para compor os parâmetros da estatística clássica, foi realizado um estudo descritivo, com o objetivo de verificar a distribuição dos dados de emissão de CO<sub>2</sub>, ao longo do dia. Para tanto, utilizou-se o diagrama o *box-plot*. As variáveis foram submetidas ao teste de normalidade Shapiro-Wilk, onde sendo confirmada foi

realizada a análise de variância aplicando-se o teste F e a comparação pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

### 3. RESULTADOS

Nos sistemas de preparo SPD e PC o horário com maior dispersão dos dados foi às 16h e no CM às 15 h. Os intervalos das leituras com as menores amplitudes no SPD foram entre 10 e 11, no PC nos horários de 9, 10, 15 e 17. O CM teve suas menores amplitudes entre 8 e 11h (Figura 1).

No *box-plot* podemos observar os maiores valores encontrados 4,21; 3,96; 2,90  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  respectivamente nos manejos CM (16h), SPD (11h), e PC (11h). Os menores valores foram 1,92; 1,62; 0,67  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para os manejos SPD (9h), CM (8h) e PC (8h), respectivamente durante o dia.

Ao longo do dia o conjunto de dados que apresentou menor variação foi o SPD, seguido pelo CM e PC.

A leitura das temperaturas do solo foi realizada simultaneamente com as de CO<sub>2</sub>, as maiores temperaturas foram encontradas no PC (54 °C) (Figura 2). Observa-se que os manejos conservacionistas (CM e SPD) garantiram constância das temperaturas ao longo dos dias de coleta.

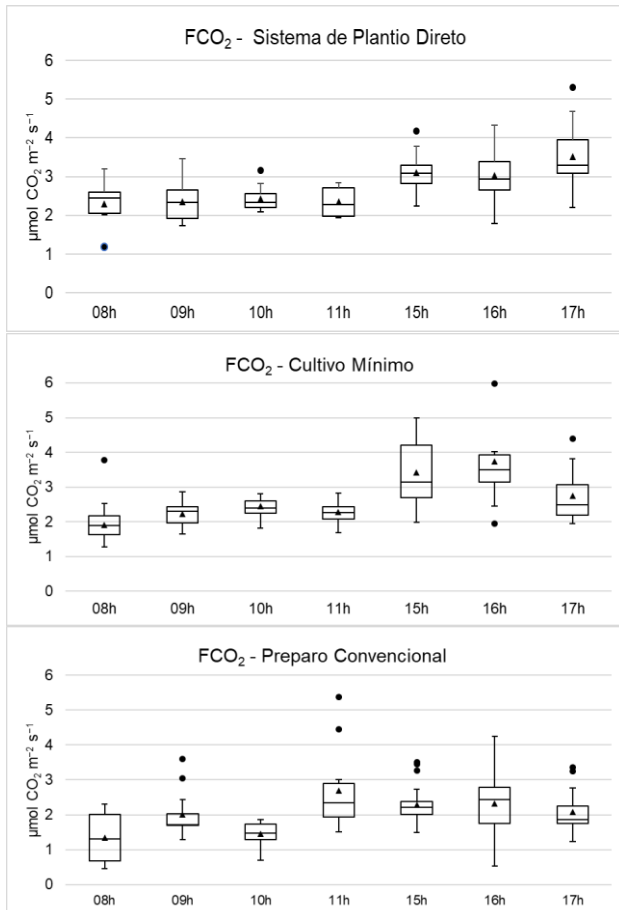


Figura 1. Emissão de CO<sub>2</sub> ao longo do dia em diferentes sistemas de preparo do solo.

Figure 1. Emission of CO<sub>2</sub> throughout the day in different systems of soil preparation.

A menor T do solo ocorreu na área de Mata; seguida pela SPD; sendo iguais as áreas de PC e CM (33,14 e 35,75 °C), com expressão dos maiores valores.

A maior US foi encontrada na área de Mata, que diferiu das áreas de SPD, CM e PC O atributo químico COT

apresentou seu maior valor na área de Mata diferindo das demais áreas estudadas. Os atributos físicos do solo Ds, VTP, Ma e Mi apresentaram diferenças quando comparado os sistemas de preparo do solo SPD, CM e PC a área de Mata. O menor valor de Ds foi encontrado na área de Mata (1,21 g cm<sup>-3</sup>).

As variáveis que representam a porosidade do solo o volume total de poros (VTP) foi maior na área de Mata (0,745 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) sendo sua distribuição em macroporos (Ma) e microporos (Mi) inversa nas demais áreas estudadas (0,63 e 0,11 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>); nos sistemas de preparo do solo os valores médios de macroporosidade (Ma) foram menores que os valores de microporosidade (Mi).

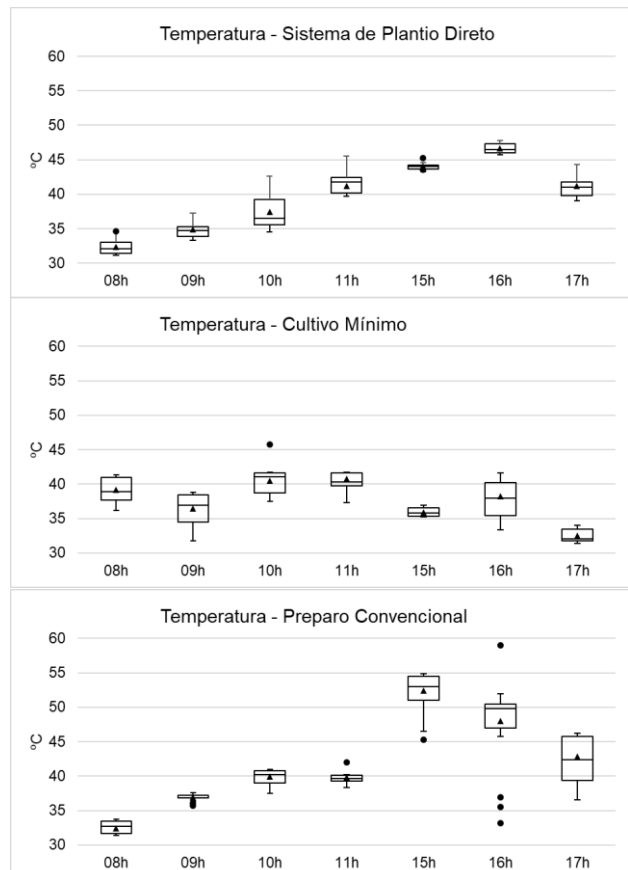


Figura 2. Temperatura do solo ao longo do dia em diferentes sistemas de preparo do solo.

Figure 2. Soil temperature throughout the day in different soil preparation systems.

### 4. DISCUSSÃO

A distribuição do CO<sub>2</sub> nos sistemas de preparo do solo ao longo do dia reflete sua capacidade física; o SPD apresenta menor dispersão de CO<sub>2</sub> ao longo do dia, graças as características que o manejo conservacionista que o solo imprime nos atributos do solo quando utilizado (TORRES et al. 2015). Os manejos conservacionistas do solo, SPD e CM, conferem ao mesmo tempo maior proteção contra as condições ambientais extremas como chuvas erosivas, crise hídrica, altas taxas de radiação solar; esse manejo otimiza o uso do solo, onde os recursos naturais podem ser melhor explorados pelas culturas de interesse econômico, pois a aplicação dos manejos adequados e integrados do solo da água e dos recursos biológicos disponíveis, torna o solo um sistema dinâmico (PRAGANA et al., 2012).

Tabela 1. Médias das emissões de CO<sub>2</sub> do solo (CO<sub>2</sub> μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), temperatura do solo (T °C), Umidade do solo (US m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>), carbono orgânico total (COT g kg<sup>-1</sup>), Densidade do solo (Ds g cm<sup>-3</sup>), Volume Total de Poros (VTP m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup>), Macroporosidade (Ma m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup>), Microporosidade (Mi m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>); nas áreas de Sistema de Plantio Direto (SPD), cultivo mínimo (CM) e preparo convencional (PC)  
 Table 1. Mean of soil CO<sub>2</sub> emissions (CO<sub>2</sub> μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), soil temperature (T °C), soil moisture (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>), total organic carbon (Dm g cm<sup>-3</sup>), Total pore volume (VTP m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup>), Macroporosity (Ma m<sup>3</sup>m<sup>-3</sup>), Microporosity (Mi m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>); in the areas of Direct Planting System (SPD), minimum cultivation (CM) and conventional tillage (PC)

	CO <sub>2</sub> μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	T °C	US m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	COT g kg <sup>-1</sup>	Ds g cm <sup>-3</sup>	VTP m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	Ma m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	Mi m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>
Mata	2,18ab	22,2 c	0,184 a	32,9 a	1,21 b	0,74a	0,63a	0,11b
SPD	2,30a	32,4 b	0,107 b	15,3 b	1,37 a	0,50b	0,09b	0,41a
CM	2,25ab	35,7 a	0,093 b	12,3 bc	1,43 a	0,48b	0,05b	0,43a
PC	1,39b	33,1 ab	0,104 b	9,2 c	1,48 a	0,51b	0,10b	0,41a
CV*%	29,7	6,64	22,0	20,9	5,8	8,61	18,9	7,12

No sistema convencional, por sua vez, as condições edafoclimáticas são afetadas diretamente pelas condições ambientais, principalmente, porque o sistema é conduzido com eliminação das plantas daninhas, não possuindo o solo nenhum tipo de cobertura, e o manejo consiste basicamente na eliminação contínua de plantas, adubação e colheita. De acordo com Ohland et al. (2014) a mecanização do solo interfere nos atributos físicos do solo dentre eles a estruturação do solo, os macroagregados são destruídos e o solo passa apresentar estrutura degradada, podendo impedir o crescimento de raízes e diminuir o volume de solo explorado pelo sistema radicular, além de reduzir a porosidade.

A emissão de CO<sub>2</sub> do solo está ligado a temperatura do solo, ao longo do dia nos sistemas de preparo as maiores variações foram também nos horários que foram registradas as maiores temperaturas; esse resultado concordam com Buragienė et al. (2015) que ao trabalhar em diferentes sistemas de preparo do solo na Lituânia observaram que a intensidade das emissões de CO<sub>2</sub> do solo depende da temperatura do solo.

A menor emissão de gás carbônico ocorreu na área de PC, pois a emissão está associada ao que foi embutido pela prática do manejo convencional com sucessivas arações e gradagens, que preparo após preparo modificaram a estruturação do solo, o expondo. Corroborando com Teixeira et al. (2011) onde os mesmos constataram que as emissões de CO<sub>2</sub> foram reduzidas no preparo convencional principalmente porque em solos sem cobertura vegetal viva ou morta, como foi o caso da área de estudo, sendo que a única fonte de carbono é a decomposição de carbono lábil. Este resultado pode ser justificado a partir da quantidade de carbono orgânico existente na área de PC. De acordo com Reth et al. (2005), o CO<sub>2</sub> desprovido de vegetação, observaram que a temperatura e o teor de água do solo foram os fatores que exerceram maior influência sobre a emissão de CO<sub>2</sub> do solo.

Estudos desenvolvidos com CO<sub>2</sub> em áreas sem revolvimento do solo, em contraste com áreas com revolvimento, houve maiores CO<sub>2</sub> em áreas revolvidas (FORTIN, et al. 1996; LA SCALA et al., 2006; SILVA-OLAYA, et al., 2013, BURAGIENĖ, et al., 2015). Evidencia-se que neste estudo as leituras, detectaram maiores emissões nas áreas onde o preparo do solo foi o CM e o SPD, não concordando, pois, a área foi revolvida e após aproximadamente 180 dias após a amostragem. Além disso, o estudo foi desenvolvido em uma época de crise hídrica estadual reconhecida nacionalmente pelos órgãos competentes, e conforme afirmam Fowler et al. (2009), o estresse hídrico do solo, limita o CO<sub>2</sub>, uma vez que a água é necessária como meio de transporte de nutrientes requeridos

pela respiração do solo, que depende da vida no solo tanto dos microrganismos quanto das plantas.

De acordo com Wick et al. (2012), as propriedades do solo, especialmente as que tem influência sobre a porosidade, explicam as emissões de gases de efeito estufa, especialmente o CO<sub>2</sub>. Além disso, uma das propriedades físicas do solo, sensíveis ao manejo é a porosidade. Ao compararmos as demais variáveis do solo como volume total de poros e sua relação com a macroporosidade e microporosidade no grupo dos preparos de solo não houve diferença estatística entre o manejo conservacionista e convencional apesar da idade de implantação do sistema de plantio direto (9 anos); devido ao efeito inicial que o preparo convencional causa no solo, deixando em um primeiro momento as condições ótimas para o desenvolvimento das plantas, mas com passar dos ciclos de umedecimento e secagem do solo, as partículas do solo se rearranjam de modo desordenado e a partir daí começam os problemas como erosão laminar e encrustamento superficial do solo.

O SPD apresenta uma CO<sub>2</sub> maior por se tratar de um manejo conservacionista, que na época do estudo manteve boa parte da cobertura vegetal, apesar da crise hídrica, e a uma faixa inicial existente nos primeiros 0,05 m de solo formam uma camada que garante a proteção da estrutura do solo, garantido que as variações ambientais como por exemplo radiação solar e chuvas erosivas sejam atenuadas; o que não expõe tanto o solo garantindo a manutenção da vida dos microrganismos e das raízes. O uso do SPD gera um agroecossistema com menores perturbações ao meio ambiente que o de outras formas de manejo que usam intensa mobilização do solo, pois este manejo visa a recomposição da biodiversidade do solo, como a do ambiente em si, ocasionando do menor impacto humano no sistema (BARTZ et al., 2013; BARTZ et al., 2014).

O carbono orgânico total mostrou-se fundamental para o entendimento da CO<sub>2</sub>, uma vez que seu comportamento isolou a área de referência a Mata e estabeleceu a diferença entre sistemas conservacionistas e convencionais corroborando com Borges et al. (2015) que determinou o carbono orgânico e emissão de CO<sub>2</sub> em áreas sob diferentes usos no Cerrado e Silva et al. (2016) ao trabalhar em áreas florestais da Amazônia. Conforme Costa et al. (2006) quando em suas condições naturais de vegetação, os solos tendem a apresentar um estoque de carbono estável, sendo a resultante entre a taxa de entrada de CO<sub>2</sub> atmosférico pelas plantas e a taxa de saída de CO<sub>2</sub> pela respiração de raízes e da microbiota; o que não ocorre quando o solo é manejado.

As boas práticas agrícolas de conservação e de manejo do solo possibilitam a entrada de carbono no sistema-solo

(sequestro de C) permitindo que o mesmo fique no solo, diferente do que acontece quando é liberado na forma de CO<sub>2</sub> para a atmosfera devido ao desmatamento, queimadas, operações de aração e gradagem levando a uma maior oxidação da matéria orgânica.

## 5. CONCLUSÕES

No sistema de preparo convencional do solo houve elevações na emissão de CO<sub>2</sub> e temperatura do solo. A CO<sub>2</sub> difere em função dos preparos, sendo que o preparo do solo com maior emissão é o sistema de plantio direto, pois o sistema convencional possui COT menor.

Os atributos físicos do solo (densidade, volume total de poros, microporosidade e macroporosidade) denotaram maior qualidade física encontrada na área de vegetação nativa, os sistemas de preparo do solo interferem negativamente nos atributos do solo.

## 6. REFERÊNCIAS

- BARTZ, M. L. C.; PASINI, A.; BROWN, G. G. Earthworms as soil quality indicators in Brazilian no-tillage systems. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 69, p. 39-48, 2013. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.01.011>
- BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; DA ROSA, M. G.; KLAUBERG FILHO, O.; JAMES, S. W.; DECAËNS, T.; BARETTA, D. Earthworm richness in land-use systems in Santa Catarina, Brazil. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 83, p. 59-70, 2014. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.03.003>
- BAYER, C.; GOMES, J.; ZANATTA, J. A.; VIEIRA, F. C. B.; DIECKOW, J. Mitigating greenhouse gas emissions from a subtropical Ultisol by using long-term no-tillage in combination with legume cover crops. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 161, p. 86-94, 2016. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.still.2016.03.011>
- BERTOL, I.; BEUTLER, J.F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, p. 555-560, 2001. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162001000300018>
- BERTOL, I.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após a colheita de milho e trigo, na presença e ausência de resíduos culturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 409-418, 1997. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06831997000300009>
- BORGES, C.; TEIXEIRA RIBEIRO, B.; WENDLING, B.; ALVES CABRAL, D. Agregação do solo, carbono orgânico e emissão de CO<sub>2</sub> em áreas sob diferentes usos no Cerrado, região do Triângulo Mineiro. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 10, n. 3, 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1573>
- BURAGIENĖ, S.; ŠARAUSKIS, E.; ROMANECKAS, K.; SASNAUSKIENĖ, J.; MASILIONYTĖ, L.; KRIAUCIŪNIENĖ, Z. Experimental analysis of CO<sub>2</sub> emissions from agricultural soils subjected to five different tillage systems in Lithuania. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 514, p. 1-9, 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.090>
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 14, n. 1, p. 99-105, 1990.
- COSTA, F. S.; GOMES, J.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Métodos para avaliação das emissões de gases do efeito estufa no sistema solo-atmosfera. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 693-700, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782006000200056>
- EMBRAPA\_EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise do solo**. 2. ed. rev. e aum. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 1997. 212 p.
- FORTIN, M. C.; ROCHETTE, P.; PATTEY, E. Soil carbon dioxide fluxes from conventional and no-tillage small-grain cropping systems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.60, p.1541-1547, 1996. DOI: <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1996.03615995006000050036x>
- FOWLER, D.; et al. Atmospheric composition change: ecosystems-Atmosphere interactions. **Atmospheric Environment**, Oxford, v. 43, n. 33, p. 5193-526, 2009. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.07.068>
- IBGE\_INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira. Série manuais técnicos em Geociências 1**. 2. ed. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2012. 275p.
- LA SCALA, N.; BOLONHEZI, D.; PEREIRA, G. T. Short-term soil CO<sub>2</sub> emission after conventional and reduced tillage of a no-till sugar cane area in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 91, n. 1-2, p. 244-248, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2005.11.012>
- LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B. S.; KOUCHER L. de P.; OLIVEIRA, R. A. de; KURTZ, C.; LOVATO, P. E.; CURMI, P.; BRUNETOO, G.; COMIN, J. J. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 4, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbc20140718>
- MCTI\_MINISTÉRIO DA CIÊNCIA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. 3. ed. Brasília: Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento—SEPED, 2016. Disponível em: [http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706227/LI\\_VRO\\_MCTIC\\_EstimativaDeGases\\_Publica%C3%A7%C3%A3o\\_210x297mm\\_FINAL\\_WEB.pdf/61e78a4d-5ebe-49cd-bd16-4ebca30ad6cd](http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706227/LI_VRO_MCTIC_EstimativaDeGases_Publica%C3%A7%C3%A3o_210x297mm_FINAL_WEB.pdf/61e78a4d-5ebe-49cd-bd16-4ebca30ad6cd). Acesso em: 22 jan. 2018.
- MOSIER, A. R.; HALVORSON, A. D.; REULE, C. A.; LIU, X. J. J. Net global warming potential and greenhouse gas intensity in irrigated cropping systems in northeastern Colorado. **Journal of environmental quality**, Madison, v. 35, n. 4, p. 1584-1598, 2006. DOI: <https://dx.doi.org/10.2134/jeq2005.0232>
- MUZILLI, O. de. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 7, p. 95-102, 1983.
- NASA NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Evidences, Climate change: How do we know?** Disponível em: [climate.nasa.gov/evidence/](http://climate.nasa.gov/evidence/) 2017. <https://climate.nasa.gov/>. Acesso em: 22 dez. 2017.
- OHLAND, T.; LANA, M.C.; FRANDOLOSO, J. F.; RAMPIM, L.; BERGMANN, J. R.; CABREIRA, D. T.

- Influência da densidade do solo no desenvolvimento inicial do pinhão-mansão cultivado em Latossolo Vermelho eutroférico. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 5, p. 622-630, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201461050004>
- OERTEL, C.; MATSCHULLAT, J.; ZURBA, K.; ZIMMERMANN, F.; ERASMI, S. Greenhouse gas emissions from soils-A review. **Chemie der Erde - Geochemistry**, Ann Arbor, v. 76, n. 3, p. 327-352, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemer.2016.04.002>
- PRAGANA, R. B.; RIBEIRO, M. R.; NOBREGA, J. C. A.; RIBEIRO FILHO, M. R.; COSTA, J. A. Qualidade Física de Latossolos Amarelos sob Plantio Direto na Região do Cerrado Piauiense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1591-1600, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000500023>
- RAICH, J. W.; SCHLESINGER, W. H. The global carbon dioxide flux in soil respiration relationship to vegetation and climate. **Tellus B**, Copenhagen, v. 44, n. 2, p. 81-99, 1992.
- RETH, S.; GÖCKEDE, M.; FALGE, E. CO<sub>2</sub> efflux from agricultural soils in Eastern Germany—comparison of a closed chamber system with eddy covariance measurements. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 80, n. 2-4, p. 105-120, 2005.
- RIAH, et al. The shared socioeconomic pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: an overview. **Global Environmental Change**, Guildford, v. 42, p. 153-168, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>
- SCHUTTER, O. Agroecology, a Tool for the Realization of the Right to Food. In: LICHTFOUSE, E. (Ed.). **Agroecology and Strategies for Climate Change**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2012. v. 8. p. 1-16.
- SILVA, C.M.; VASCONCELOS, S.S.; MOURÃO JÚNIOR M.; BISPO, C.J.C.; KATO, O.R.; SILVA JUNIOR, A.C.; CASTELLANI, D.C. Variação temporal do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo em sistemas agroflorestais com palma de óleo na Amazônia Oriental. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 46, n.1, p. 1-12, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201500193>
- SILVA-OLAYA, A. M.; CERRI, C. E. P.; LA SCALA, N.; DIAS, C. T. S.; CERRI, C. C. Carbon dioxide emissions under different soil tillage systems in mechanically harvested sugarcane. **Environmental Research Letters**, San Diego, v. 8, p. 1-8, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/015014>
- SOUZA, M.; COMIN, J. J.; LEGUIZAMÓN, E. S.; KURTZ, C.; BRUNETTO, G.; MULLER JÚNIOR, V.; VENTURA, B.; CAMARGO, A.P. Dry matter of cover crops, onion yield and soil chemical attributes in agroecological no-tillage system. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 1, p. 21-27, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012005000150>
- TEIXEIRA, D. D. B.; PANOSSO, A. R.; CERRI, C. E. P.; PEREIRA, G. T.; LA SCALA, N. Soil CO<sub>2</sub> emission estimated by different interpolation techniques. **Plant and Soil**, v. 345, n. 1-2, p. 187-194, 2011. DOI: <https://dx.doi.org/10.1007/s11104-011-0770-6>
- TORRES, J.L.R.; DE SOUZA, Z. M.; PEREIRA, M. G.; DE ASSIS, R. L. Attributes of soil quality indicators in area under direct planting to twelve years. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 6, n. 2, p. 123-133, 2015.
- WEZEL, A.; CASAGRANDE, M.; CELETTE, F.; VIAN, J. F.; FERRER, A.; PEIGNÉ, J. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. **Agronomy for sustainable development**, Paris, v. 34, n. 1, p. 1-20, 2014. DOI: <https://dx.doi.org/10.1007/s13593-013-0180-7>
- WICK, A. F.; PHILLIPS, R. L.; LIEBIG, M. A.; WEST, M.; LEE DANIELS, W. Linkages between soil micro-site properties and CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O emissions during a simulated thaw for a northern prairie Mollisol. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 50, p. 118-125, 2012. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.03.010>