

EFLUXO DE GASES EM SOLOS SOB DIFERENTES MANEJOS SUBMETIDOS À ADIÇÃO DE GLIFOSATO

Ana Carla Stieven^{1*}, Daniela Tiago da Silva Campos², Hermann Jungkunst³, Eduardo Guimarães Couto²

SAP 21608 Data do envio: 24/01/2019 Data do aceite: 31/03/2019
Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 18, n. 3, jul./set., p. 218-225, 2019

RESUMO - As alterações de uso e manejo do solo têm-se tornado pauta também, em ambientes de discussão sobre alterações do clima, sido apontada como causa dessas mudanças. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar se a adição do glifosato influencia o efluxo de dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄) em manejos de solos. Amostras de 500 g de cada manejo de solo foram dispostas em pratos de 13 cm de diâmetro, contendo 6 manejos de solo [integração lavoura-pecuária (ILP), pasto, floresta nativa e os mesmos manejos + a adição de 4 L ha⁻¹ de glifosato] e 4 repetições. Imediatamente após a adição foram determinados os teores de matéria orgânica (MO), pH, condutividade elétrica (CE) e análise de efluxo de CO₂ e CH₄. As coletas de gases se deram nos tempos 0, 2, 4, 6 e 8 min. Após o fechamento das câmaras, estruturas de PVC sem troca gasosa entre os meios internos e externos, e submetidos ao acúmulo no tempo, durante 10 dias consecutivos, após cada tratamento. Os resultados de MO classificaram os solos com baixos teores e semelhantes entre si, o pasto apresentou-se levemente ácido e a CE muito superior no solo de ILP. Para o CO₂, o solo com manejo de ILP gerou 1928,8 mg m⁻² d⁻¹, o pasto 1535,8 mg m⁻² d⁻¹ e a floresta nativa 1545,1 mg m⁻² d⁻¹. Para CH₄ a dinâmica foi inversa. Os efluxos de dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄) são alterados pelos sistemas de manejos adotados: integração lavoura-pecuária (ILP), pasto e floresta nativa. A adição de glifosato reduz os efluxos em todos os manejos, principalmente no solo proveniente de floresta nativa.

Palavras-chave: herbicida, dióxido de carbono, metano, manejos integrados, mata nativa.

SOIL GASES EFFLUX FROM DIFFERENT LAND USE SUBMITTED TO GLYPHOSATE ADDITION

ABSTRACT - The changes in land use and management also cause damage in climate change, then they are in environments discussion, they have been identified as the cause of these changes. Therefore, the objective of the present work is to evaluate if the addition of glyphosate influences the flow of carbon dioxide (CO₂) and methane (CH₄) in soil management. 500 g samples from each soil management were arranged in 13 cm diameter dishes, including 6 soil managements [crop-livestock integration (CLI), pasture, native forest and the same managements + an addition of 4 L ha⁻¹ glyphosate] and 4 repetitions. Immediately after addition, organic matter (OM), pH, electrical conductivity (EC) and CO₂ and CH₄ flow analysis were selected. As the gas collections gave at times 0, 2, 4, 6 and 8 min. after closure the chambers, the PVC structures without gas exchange between the internal and external media, and use over time for 10 consecutive days after each treatment. The OM results classify the soils with low contents and the differences between them, or show acid levels and a much higher EC in the CLI soil. For CO₂, the soil with CLI generated 1928.8 mg m⁻² d⁻¹, pasture 1535.8 mg m⁻² d⁻¹ and native forest 1545.1 mg m⁻² d⁻¹. For CH₄, the dynamics was inverse. The effluents of carbon dioxide (CO₂) and methane (CH₄) are altered by the adopted manufacturing systems: crop-livestock integration (CLI), pasture and native forest. The glyphosate addition reduces the effects on all management, especially on native forest soil.

Keywords: herbicide, carbon dioxide, methane, integrated management, native forest.

INTRODUÇÃO

A preocupação global não está voltada para o aquecimento, causado por fontes naturais de gases do efeito estufa, sem o qual o planeta estaria em estado de frio extremo, mas sim ao aumento do efluxo de gases para a atmosfera, provenientes de ações antropogênicas, sendo apontado como a principal causa das mudanças climáticas (JUNGKUNST e FIEDLER, 2007; JUNGKUNST, 2011).

Inúmeras são as fontes dos efluxos de gases, e entre tantas, citam-se três atividades que, juntas,

representam mais de 50% de todas as emissões: mudança no uso da terra, desmatamento e queima de combustíveis fósseis (IPCC, 2014). Por sua vez, os principais gases emitidos são o dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄).

O quarto relatório do IPCC (2007) relata que a conversão de ecossistemas nativos para os agrossistemas contribui com aproximadamente 24% das emissões mundiais de CO₂ e 55% das emissões de CH₄. Por outro lado, Cerri et al. (2009), utilizando a metodologia *Climatic*

¹Docente, Departamento de Ciências Agrárias, Biológicas e Engenharias, Centro Universitário de Várzea Grande (UNIVAG), Av. Dom Orlando Chaves, Cristo Rei, Várzea Grande, Mato Grosso, Brasil. E-mail: anastieven@yahoo.com.br. *Autora para correspondência.

²Docente, Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Av. Fernando Correa da Costa, Boa Esperança, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. E-mail: camposdts@yahoo.com.br, egcouth@gmail.com.

³Docente, Universidade Koblenz-Landau, Landau in der Pfalz, Renânia-Palatinado, Alemanha. E-mail: jungkunst@uni-landau.de.

Analisis Indicator Tool, relataram que os efluxos de gases no Brasil, oriundos da mudança de uso da terra e da agropecuária, são bem mais acentuadas, representando aproximadamente 75 e 91% do total das emissões de CO₂ e CH₄, respectivamente.

Além da conversão dos sistemas, de áreas naturais em agrícolas, o uso de agroquímicos tem impacto importante nos efluxos de gases, uma vez que causa descompasso na atividade e comunidade da biota do solo, diretamente relacionada à decomposição da matéria orgânica (AUDSLEY, 2009; CERRI et al., 2009; JIANG et al., 2015).

A conservação de estoques de carbono nos solos, florestas e outros tipos de vegetação, a preservação de florestas nativas, implantação de florestas, sistema agroflorestais e recuperação de áreas degradadas contribuem, do ponto de vista biológico, para a redução da concentração do carbono na atmosfera (BRITISH COUNCIL, 2012).

O solo representa o maior reservatório terrestre de carbono, contendo aproximadamente 1550 Pg deste elemento (LAL, 2008), equivalente a mais de duas vezes a quantidade estocada na vegetação ou na atmosfera (ANDERSON-TEIXEIRA et al., 2009). A emissão de CO₂ está relacionada a respiração pelas raízes e organismos do solo ao longo do tempo. Quando a respiração é superior à deposição de material orgânico, ocorre perda de carbono do solo (BUSTAMANTE et al., 2006).

A conversão de áreas de vegetação nativa em pastagens com baixa produtividade e mal manejadas tem provocado redução dos teores de carbono orgânico do solo, nos Biomas Amazônico e Cerrado (CARVALHO, 2009). Entre as atividades propostas para a redução do efluxo de gases nas atividades agropecuárias, está aquela no desmatamento da Amazônia e Cerrado, representando aproximadamente 70% do total das metas, além da recuperação de pastagens degradadas. A adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta, representaria outros 12% desse total (ASSELT et al., 2010).

A quantidade de carbono em áreas de pastagens bem manejadas é superior à de áreas degradadas quando comparados solos de mesma textura e estrutura (CERRI et al., 1999). Portanto, áreas com pastagens são factíveis de mitigar os efluxos de gases do efeito estufa. Após a mudança de uso na terra espera-se que o carbono do solo entre em novo equilíbrio, associado à maior eficiência de produção de carne e leite, e de outros produtos, acarretando em emissões de CH₄ relativamente menores (CERRI et al., 2010).

Inferências sobre a contribuição da mudança do uso da terra e setor agropecuário nas mudanças climáticas globais são mais laboriosas de serem quantificadas, quando comparadas aos demais setores da economia, uma vez que os efluxos são provenientes de fontes difusas e sistemas de difícil simplificação (BEHLING et al., 2014).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar se a adição do glifosato influencia o efluxo

de dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄) em manejos de solos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado a partir de amostras de solo coletadas no município de Santa Carmem, norte de Mato Grosso (MT), Fazenda Dona Isabina, sob coordenadas geográficas de 12°03'58" S e 55°21'07" W.

O clima da região é tipo Aw, segundo classificação de Köppen, tropical chuvoso, quente e úmido, com estação seca mais prolongada e úmida de quatro meses, entre dezembro a março. A precipitação pluviométrica média anual é 2000 mm, temperatura média em torno de 24°C, com vegetação caracterizada como floresta semi decídua, topografia plana e altitude de 367 m (ARAÚJO et al., 2009).

As amostras de solo foram coletadas em março de 2013, em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (LVd), de textura argilosa (SEPLAN, 2001). Foram feitas coletas em três áreas de uso e manejo do solo, sendo:

Área 1 = integração lavoura-pecuária (ILP): adoção de pastagens anuais em sucessão as culturas de verão, disposta em 5 ha, com histórico de abertura de área com queimada, no ano de 1996, seguido de plantio de *Urochloa brizantha* (capim-marandu). O sistema ILP foi conduzido desde a safra 2005/2006, com consórcio de soja, cultivar precoce e braquiária (*Urochloa ruziziensis*). Ao final do período de seca (maio-outubro) efetuou-se a aplicação de 4 L⁻¹ de glifosato, a fim de dessecar a forrageira e, então, realizado o sistema de semeadura direta, onde a semente da forrageira foi incorporada ao adubo, na formulação 0N-20P-40K, em maior profundidade,

Área 2 = pasto: área com abertura por meio de queimada (em 1996), seguido de plantio de *Urochloa brizantha* (Hochst. Ex A. Rich) (capim-marandu) e

Área 3 = floresta nativa: característica de Cerrado em transição com Floresta Amazônica, ecótono (ARAÚJO et al., 2009).

As coletas se deram na profundidade de 0-20 cm, com cinco pontos em cada área, compostos por três subpontos cada. As amostras de solo foram encaminhadas ao Laboratório de Microbiologia do Solo, pertencente a Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), *Campus* Cuiabá (MT). Ao chegarem, foram peneiradas em malha de 2 mm e enviadas para a Universidade Koblenz-Landau (Alemanha), em julho de 2013, com autorização sanitária nacional UVGECGB-MT n.188.008/2013CF. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e alocados em tambores de plástico para o transporte.

Anteriormente aos tratamentos, determinaram-se nas amostras o teor de matéria orgânica, pH e condutividade elétrica em água, de acordo com metodologia da Embrapa (1997). Em Laboratório, as repetições de cada tratamento foram homogeneizadas e a partir da amostra composta, 500 g de solo foram alocados em pratos plásticos (13 cm de diâmetro e 4,3 cm de altura).

Posteriormente, foi realizada a casualização dos solos, contendo 3 manejos de solo, 6 tratamentos e 4 repetições, totalizando 72 amostras.

Todas as amostras foram enriquecidas com adição de solução de $C_6H_{12}O_6$ (800 kg C ha^{-1}) e KNO_3 (80 kg N ha^{-1}), dois dias antes dos tratamentos e início das coletas dos gases e na sequência, corrigidas para 90% da capacidade de campo. Os tratamentos consistiram em:

T1 = solo de ILP mantido a 90% da capacidade hídrica,

T2 = solo de ILP mantido a 90% da capacidade hídrica e submetido a uma aplicação de 4 L ha^{-1} de glifosato,

T3 = solo de pasto mantido a 90% da capacidade hídrica,

T4 = solo de pasto mantido a 90% da capacidade hídrica e submetido a uma aplicação de 4 L ha^{-1} de glifosato,

T5 = solo de floresta nativa mantido a 90% da capacidade hídrica e

T6 = solo de floresta nativa mantido a 90% da capacidade hídrica e submetido a uma aplicação de 4 L ha^{-1} de glifosato.

Após os tratamentos, foram coletadas amostras de gases provenientes do solo. Para tanto, no topo de cada prato alocou-se uma câmara de plástico, com altura de 14,5 cm e capacidade total de 1 L. Na parte superior da câmara foi acoplado dois longos tubos de plástico, conectados ao avaliador ultraportátil de gases do efeito estufa (LGR[®]), obtendo resultados instantâneos do efluxo de gases dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4), em partes por milhão (ppm) (Figura 1).

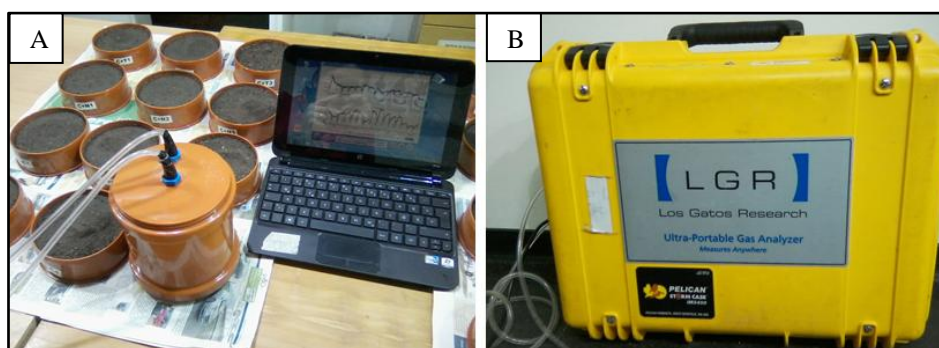


FIGURA 1 - (A) Esquema e aparelho de coleta e (B) análise do efluxo de gases dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4), provenientes dos manejos e tratamentos do solo.

Os efluxos dos gases de cada amostra foram registrados durante os tempos 0, 2, 4, 6 e 8 min. após o fechamento da câmara. Os dados foram coletados durante 10 dias consecutivos, no mesmo horário e então, submetidos à correção de temperatura e pressão, para as avaliações estatísticas.

Os dados não apresentaram normalidade, mesmo após o emprego das transformações usuais. Optou-se, então pelo uso da estimativa da média, empregando a técnica de *bootstrap*, com 1.000 reamostragens aleatórias com reposição, de acordo com metodologia descrita por Christie (2004). A partir desse universo de 1.000 valores, foi possível estabelecer os limites superiores e inferiores do intervalo de confiança da média, a 95% de probabilidade de erro, procedimento útil para posterior comparação das médias entre si. Assim, médias com valores comuns, dentro de seus intervalos de confiança, não diferiram entre si, ao passo que a ausência de valores comuns indicou diferença significativa (5% de probabilidade de erro) entre elas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de matéria orgânica (MO), potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica (CE) apresentaram variação entre os sistemas de manejo adotados (Figuras 2A, B e C).

A partir dos valores observados para a MO, onde o sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) apresentou média de $18,04 \text{ g kg}^{-1}$, pasto com 18 g kg^{-1} e floresta nativa com média de $24,08 \text{ g kg}^{-1}$, os solos estudados foram classificados com baixo teor de matéria orgânica (TOMÉ JÚNIOR, 1997). As áreas de ILP e pasto não apresentaram diferenças entre si, enquanto que, a floresta nativa apresentou maior teor de MO, diferente dos demais sistemas. Esse resultado era esperado, quando se pressupõe que áreas de floresta são mais estáveis e as dinâmicas biológicas, sejam de ciclos vegetais ou degradação da MO, estão em equilíbrio (CASALINHO et al., 2007).

Nicoloso et al. (2008), trabalhando com sistema de ILP constataram adição de matéria orgânica no decorrer dos anos, com a sua implantação. O mesmo espera-se do ILP em estudo, pois está sob sistema de semeadura direta. Entretanto, assume-se que, para tal verificação, o tempo de avaliação do sistema deve ser expandido.

Com relação ao pH, o sistema de ILP apresentou-se igual a floresta nativa (neutro), dentro do intervalo, enquanto o pasto, diferente dos demais, apresentou-se como ácido. O pH é um importante indicador das condições químicas do solo. Quando em condições muito ácidas (abaixo de 4,5), pode resultar em dissolução de alguns elementos, como ferro, alumínio e manganês, podendo estes tornar-se tóxicos para algumas espécies de plantas. Quando se encontra muito elevado (acima de 8,0),

o ferro, o manganês e o zinco se tornam menos assimiláveis ao vegetal (TOMÉ Jr., 1997).

A partir da afirmação acima descrita, as áreas avaliadas não apresentam impedimentos ao manejo agrícola, quanto a quantidade de íons (ILP com pH = 7,1, pasto com pH = 6,6 e floresta nativa com pH = 7,0). Entretanto faz-se necessário o acompanhamento da área de pasto, evitando problemas futuros e buscando minimizar os efluxos de gases, uma vez que as relações de pH são importantes para os efluxos, pois solos que apresentam rizosfera morta ou em processo avançado de decomposição possuem maior efluxo de CH₄ (SMITH et al., 2000; FENDER et al., 2013).

Com relação à CE, o manejo influenciou no atributo avaliado, onde as médias foram 1,2 dS cm⁻¹ em

área sob ILP, 0,2 dS cm⁻¹ em área de pasto e 0,1 dS cm⁻¹ sob floresta nativa. O solo sob ILP apresentou resultados muito superiores aos demais, até 6 vezes o valor encontrado nos demais sistemas. De acordo com a literatura, áreas com valores iguais ou superiores a 4,0 dS cm⁻¹ de CE são consideradas potenciais impedimentos à cultura e não sustentáveis do ponto de vista biológico (TOMÉ Jr., 1997).

A adubação frequente nas áreas de ILP pode justificar os valores muito superiores aos demais manejos, uma vez que a CE é usada para medir a quantidade de sais presente em solução do solo. Quanto maior a quantidade de sais presente na solução, maior será o valor de CE obtido (SILVA et al., 1999).

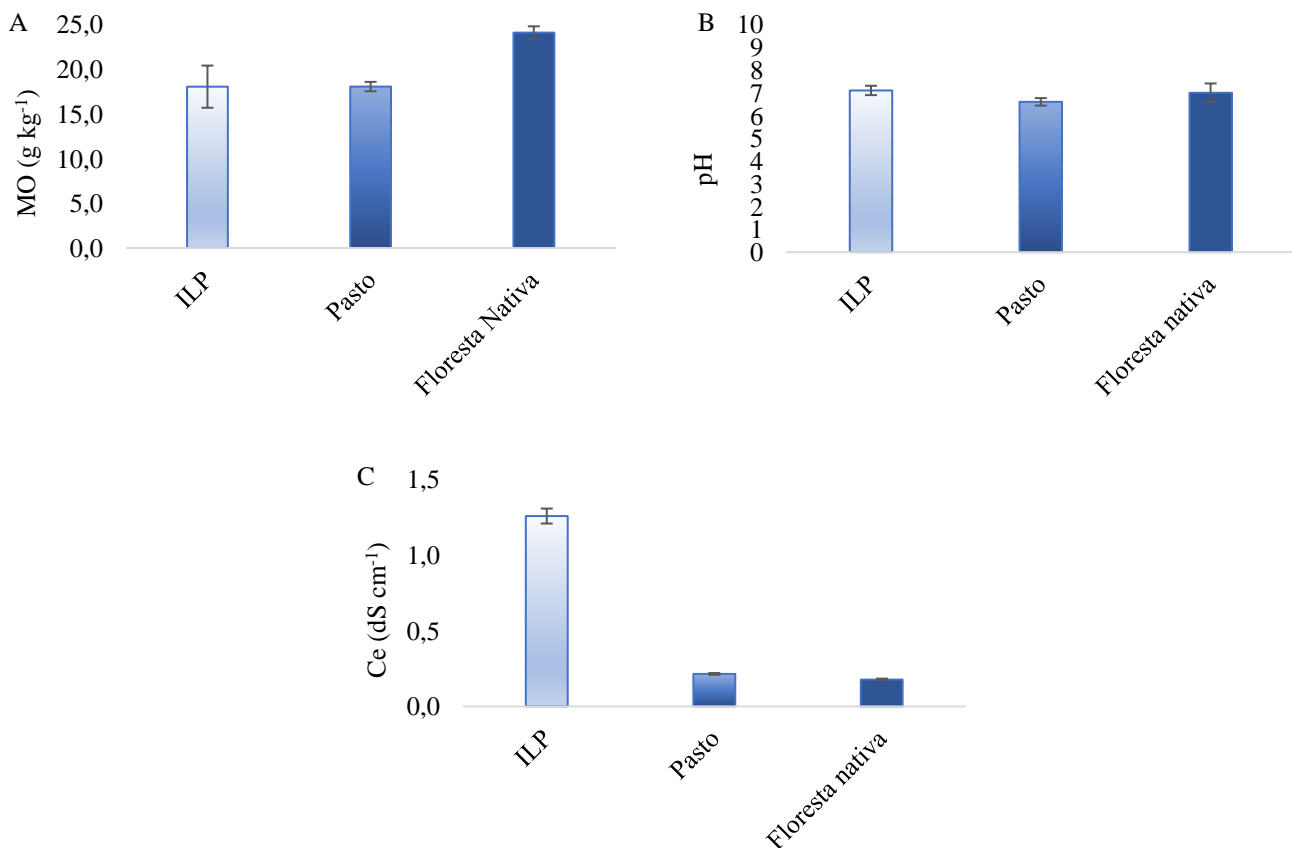


FIGURA 2 - Matéria orgânica (MO) (A), potencial hidrogeniônico (pH) (B) e condutividade elétrica (CE) (C) de solos sob sistemas de manejo: integração lavoura-pecuária (ILP), pasto e floresta nativa, avaliados a profundidade de 0-20 cm, com seus respectivos desvios da média. As médias e os intervalos de confiança foram calculados empregando a técnica de *bootstrap*, com 1.000 reamostragens aleatórias com reposição.

A dinâmica do efluxo de CO₂ nos três manejos avaliados está apresentada na Figura 3. Os efluxos de gases, especialmente de CO₂, estão diretamente ligados às atividades aeróbicas nos solos, sejam estas pelas plantas, seja pela microbiota atuante, onde a atividade da água tem grande importância nesses sistemas bioquímicos (BRIMECOMBE et al., 2007; BRUMME et al., 2009).

O solo manejado com ILP apresentou maiores efluxos de CO₂, comparado aos três manejos avaliados. As

médias foram estatisticamente diferentes, apenas entre floresta nativa e floresta nativa + aplicação de glifosato. Os valores médios encontrados para ILP foram 1928,8 mg m⁻² d⁻¹ e 1895,6 mg m⁻² d⁻¹, sem e com adição de glifosato, respectivamente, representando decréscimo de 1,7%, quando da adição do herbicida.

Observando os teores de MO, pH e CE do solo de ILP, verificou-se que esses parâmetros podem justificar a maior emissão de CO₂, podendo ser atribuído também, a

uma maior dinâmica da matéria orgânica no sistema, pois a área de ILP foi revolvida, para implantação do sistema, enquanto as demais não passaram por esse processo. Além disso, ocorreu aporte de MO diferenciada, com fonte de resíduos da leguminosa cultivada na safra e gramínea na entressafra, além da adubação anual de N-P-K.

Autores relatam que a mudança do uso da terra gera potencialização dos efluxos de gases do solo e quanto maior for seu revolvimento, maior será a liberação do CO₂,

uma vez que esse gás está relacionado com a dinâmica de uso da MO (SILVA et al., 2006; MALHI et al., 2008).

O efluxo de CO₂ apresentou diferenças após o tratamento com glifosato, em todos os manejos avaliados, ao passo que a floresta nativa apresentou maior porcentagem, com 17% de decréscimo, entre as médias de 1545,1 e 1281,1 mg m⁻² d⁻¹, em floresta nativa, sem e com adição de glifosato, respectivamente.

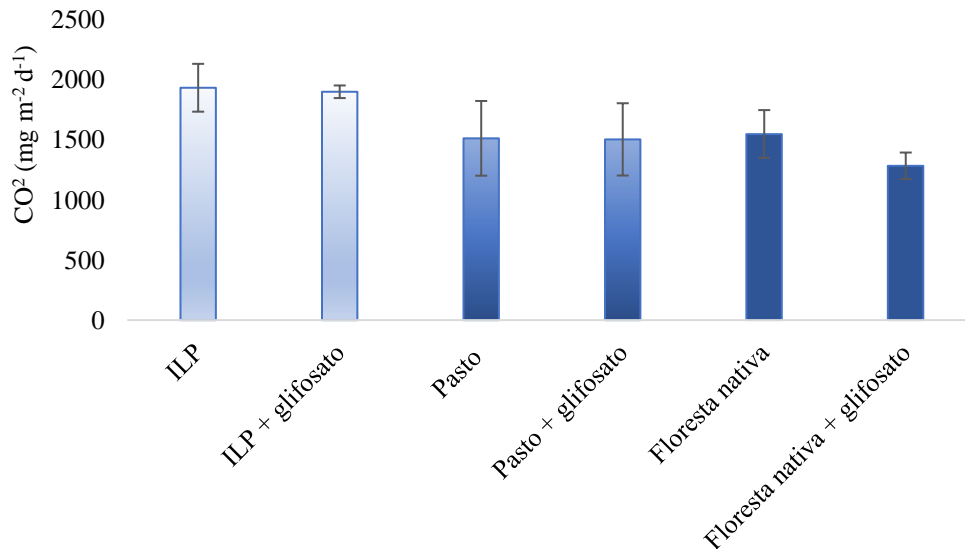


FIGURA 3 - Efluxo de dióxido de carbono (CO₂), emanados de solos sob três sistemas de manejo: integração lavoura-pecuária (ILP), pasto e floresta nativa, submetidos à 4 L ha⁻¹ de glifosato e quantificados durante 10 dias consecutivos após o tratamento. As médias e os intervalos de confiança foram calculados, empregando a técnica de *bootstrap*, com 1.000 reamostragens aleatórias com reposição.

A redução do efluxo de CO₂ após a aplicação de glifosato, encontrada no presente trabalho, também foi evidenciada por outros autores (MUNOZ et al., 2010; JIANG et al., 2015). Jiang et al. (2015), afirmam que, essa redução ocorre particularmente nos primeiros dez dias após a aplicação. Para os mesmos autores, este resultado pode estar relacionado com a morte do sistema radicular, atividade da microbiota e redução nas atividades enzimáticas do solo.

A presença de glifosato no solo altera a composição da comunidade microbiana, reduz potencialmente a comunidade dos microrganismos nativos, resultando diretamente na poluição do solo, por diminuir consideravelmente a hidrólise de organofosfatados (ANDREA et al., 2003). Por outro lado, provoca um aumento na população de fungos patogênicos, como *Fusarium* e *Phytophthora* (ARAUJO et al., 2003; KREMER E MEANS, 2009; LANCASTER et al., 2010), podendo levar à inviabilização da área para fins agrícolas.

Após o decréscimo do efluxo de CO₂ nos 10 dias seguintes à aplicação de glifosato, esse composto químico pode ser decomposto por parte da microbiota presente, onde a taxa de degradação dependerá da classe de solo, condições climáticas e disponibilidade de glifosato,

tendendo assim ao aumento do efluxo de CO₂ (VEIGA et al., 2001).

Outro gás analisado foi o metano (CH₄), onde a dinâmica do efluxo nos sistemas de manejo está apresentada na Figura 4. Os efluxos registrados destes gases apontam baixas emissões em todos os solos, porém os tratamentos se comportaram de formas diversas. Antagonicamente aos efluxos de CO₂, menores valores foram observados para o CH₄ no sistema de ILP, sem e com adição de glifosato, com médias de 0,4 e 0,3 µg m⁻² d⁻¹, respectivamente, seguido de pasto e floresta nativa. Entretanto, observou-se a mesma dinâmica do CO₂, com redução dos efluxos, após a adição de glifosato.

Os microrganismos associados ao CH₄, denominados metanogênicos, são comumente encontrados em habitats de áreas úmidas e com restrição de oxigênio. Os valores médios de CH₄ em áreas com essas características podem chegar até 100 µg m⁻² d⁻¹ (BLAIS et al., 2005; JUNGKUNST et al., 2011), muito superior aos apresentados nesse trabalho, os quais não ultrapassam 2,0 µg m⁻² d⁻¹. O efluxo de CH₄ depende, especialmente, de condições de anaerobiose, que ocorrem em relação à aeração e disponibilidade de água no solo, podendo ser alterado, por exemplo, pelo pisoteio dos animais e precipitação (CERRI et al., 2009). Quando essas condições

não se encontram presentes sobre as pastagens, os solos tendem a ser drenos de carbono, diminuindo consideravelmente o efluxo (STUEDLER et al., 1996).

Considerando-se a área de estudo, a justificativa do maior efluxo de CH₄ em solo de floresta, comparado a ILP e pasto, está na ausência de pastagem, ou seja, falta de gramínea na área. Por outro lado, na ILP, a pastagem é presente em boa parte do ano e no pasto, durante todo o período. Vale ressaltar que o ILP se beneficia da sucessão

de culturas, o que remete a um sistema mais sustentável, do ponto de vista ambiental.

A floresta nativa apresentou maior efluxo de CH₄, com média de 0,7 $\mu\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$, em solo sem adição de glifosato. Após a adição de glifosato, verificou-se um menor efluxo, com média de 0,2 $\mu\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$, sugerindo que neste ambiente estava presente uma comunidade maior, ou mais ativa de microrganismos metanogênicos nativos, por isso a sensibilidade quando ocorreu o contato com o glifosato.

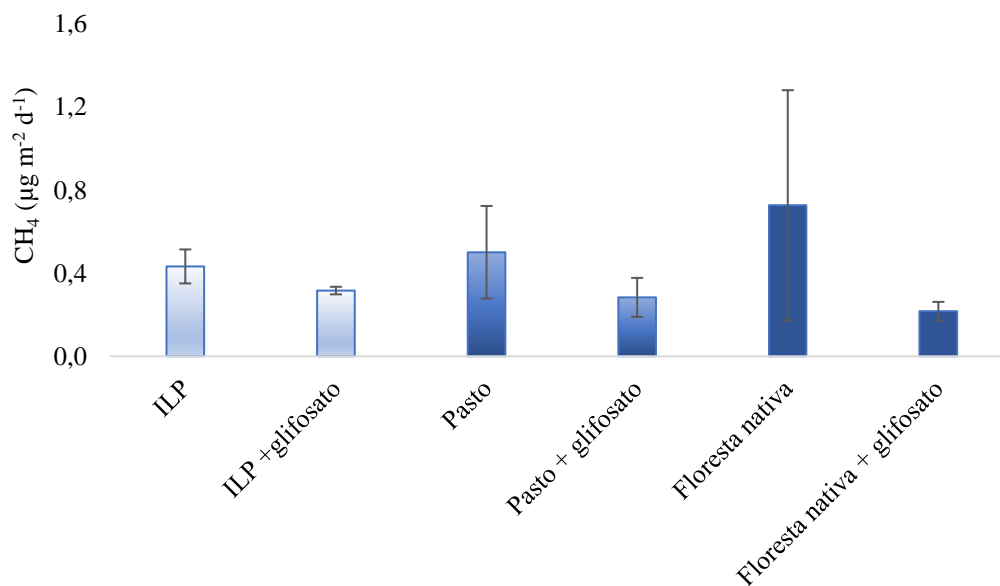


FIGURA 4 - Efluxo de metano (CH₄) emanado de solos sob três sistemas de manejo: integração lavoura-pecuária (ILP), pasto e floresta nativa, submetidos a 4 L ha⁻¹ de glifosato e quantificados durante 10 dias consecutivos após o tratamento. As médias e os intervalos de confiança foram calculados, empregando a técnica de *bootstrap*, com 1.000 reamostragens aleatórias com reposição.

Os resultados encontrados podem estar ligados às condições de manejo, uma vez que a área de floresta nunca foi manejada, enquanto que as demais, foram preparadas e utilizadas com agriculturáveis. O manejo e uso do solo, bem como a dinâmica da água, utilização de fertilizantes e outros agroquímicos, pode afetar a produção de CH₄ e seu efluxo do solo (MUNOZ et al., 2010).

Diversos trabalhos apresentam valores maiores de efluxo, que aqueles encontrados no presente trabalho, os quais são justificados, quando existe a adição de materiais orgânicos, como o glifosato, sendo considerada uma fonte de carbono para a produção de CH₄. Por outro lado, com a adição de glifosato em ambientes com oxigenação reduzida (JUNGKUNST et al., 2011), estas áreas apresentam efluxos de CH₄ muito mais elevados. Os dados obtidos no presente trabalho fornecem resultados preliminares, os quais precisam de complemento, como, por exemplo, aumento do tempo das análises dos efluxos.

CONCLUSÕES

Os efluxos de dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄) são alterados pelos sistemas de manejos adotados: integração lavoura-pecuária (ILP), pasto e floresta nativa.

A adição de glifosato reduz os efluxos em todos os manejos, principalmente no solo proveniente de floresta nativa.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON-TEIXEIRA, C.J.; DAVIS, C.D.; MASTERS, M.D.; DELUCIA, E.H. Changes in soil carbon under biofuels crops. **Global Change Biology**, v.1, n.1, p.75-96, 2009.
- ANDREA, M.M.; PERES, T.B.; LUCHINI, L.C.; BAZARIN, C.; PAPINI, S.; MATALLO, M.B.; SAVOY, V.L.T. Influence of repeated applications of glyphosate on its persistence and soil bioactivity. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.11, p.1329-1335, 2003.
- ARAUJO, R.A.; COSTA, R.B.; FELFILI, J.M.; KUNTZ, I.G.; SOUSA, R.A.T.M.; DOR, A. Florística e estrutura de fragmento florestal em área de transição na Amazônia Matogrossense no município de Sinop. **Acta Amozonica**, v.39, n.4, p.865-878, 2009.
- ASSELT, V.H.; BERSEUS, J.; GUPTA, J.; HAUG, C. **National lyappropriate mitigation actions (NAMAs) in developing countries**. Challenges and opportunities. Netherlands: n.1 p.1, 2010.

- AUDSLEY, E.; STACEY, K.; PARSONS, D.J.; WILLIAMS, A.G. Estimation of the greenhouse gas emissions from agricultural pesticide manufacture and use. **Report for Cranfield University**, v.1, n.1, p.0-20, 2009.
- BEHLING, M.; WRUCK, F.J.; ANTONIO, D.B.A.; MENEGUCI, J.L.P.; PEDREIRA, B.C.; CARNEVALLI, R.A.; CORDEIRO, L.A.M.; GIL, J.; FARIAS NETO, A.L.; DOMIT, L.A.; SILVA, J.F.V. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)**. In: GALHARDI JUNIOR, A.; SIQUERI, F.; CAJU, J.; CAMACHO, S. (Eds.). **Boletim de pesquisa de soja 2013/2014**. Rondonópolis: Fundação MT, 2013. p.306-325.
- BERGLUND, O. Spatial variation and correlation between electric conductivity (EM38) and CO₂ emissions from a cultivated peat soil. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE AND ENVIRONMENT (HAICTA), Skiathos, Greece, v.1152, 2011.
- BLAIS, A.M.; LORRAIN, S.; TREMBLAY, A. **Greenhouse gas fluxes (CO₂, CH₄ and N₂O) in forests and wetlands of boreal, temperate and tropical regions**. In: TREMBLAY, D.A.; TREMBLAY, D.L.; VARFALVY, D.C.; ROEHM, D.M. (Eds.). Garneau, editors. Greenhouse gas emissions - fluxes and processes. Springer, Berlin, Germany. 2005. p.87-112.
- BRIMECOMBE, M.J.; DE LEIJ, F.A.; LYNCH, J.M. Rhizodeposition and microbial populations. In: Watt, Michelle. The rhizosphere: biochemistry and organic substances at the soil plant interface. **Annals of Botany**, v.104, n.4, p.1000-1010, 2009.
- BRITISH COUNCIL. **Mercado de Carbono**. Reino Unido, Londres, 2012. Disponível em: <www.britishcouncil.org>. Acesso em: 30 set. 2019.
- BRUMME, R.; BORKEN, W.; PRENZEL, J. **Soil respiration**. In: BRUMME, R.; KHANNA, P.K. (Eds.). Functioning and Management of European Beech Ecosystems. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 5a. ed. 2009. v.1, p.337-351.
- BUSTAMANTE, M.M.C.; CORBEELS, M.; SCOPEL, E.; ROSCOE, R. Soil carbon and sequestration potential in the Cerrado Region of Brazil. In: LAL, R.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J.; CERRI, C.E.P. (Eds.). Carbon sequestration in soils of Latin America. New York, Haworth, 2006. p.285-304.
- CARVALHO, J.L.N. **Dinâmica do carbono e fluxo de gases de efeito estufa em sistemas de integração lavoura-pecuária na Amazônia e no Cerrado**. 141p. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- CASALINHO, H.D.; MARTINS, S.R.; SILVA, J.B.; LOPES, A.S. Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.13, n.2, p.195-203, 2007.
- CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; ARROUAYS, D.; FEICL, B.J.; PICCOLO, M.C. **Carbon stocks in soils of the Brazilian Amazon**. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; FOLLET, R.; STEWART, B.A. (Eds.). Global climate change and tropical ecosystems. Boca Raton: CRC Press, 1999. p.33-50.
- CERRI, C.C.; MAIA, S.M.F.; GALDOS, M.V.; CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J.; BERNOUX, M. Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. **Scientia Agricola**, v.66, n.6, p.831-843, 2009.
- CHIODINI, B.M.; SILVA, A.G.; NEGREIROS, A.B.; MAGALHÃES, L.B. Matéria orgânica e a sua influência na nutrição de plantas. **Cultivando o Saber**, v.6, n.1, p.181-190, 2013.
- CHRISTIE, D. Resampling with Excel. **Teaching Statistics**, v.26, n.1, p.9-14, 2004.
- COX, C. Glyphosate Fact sheet. **Journal of Pesticide Reform**, v.108, n.8, p.769-776, 2000.
- DELGADO, J.A.; GROFFMAN P.M.; NEARING, M.A.; GODDARD, T.; REICOSKY, D.; LAL, R.; KITCHEN, N.R.; RICE, C.D.; TOWERY, D.; SALON, P. Conservation practices to mitigate and adapt to climate change. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.66, n.4, p.118-129, 2011.
- DUKE, S.O.; POWLES, S.B. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. **Pest Management Science**, v.64, n.4, p.319-325, 2008.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2a. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.
- FENDER, A.C.; GANSERT, D.; JUNGKUNST, H.F.; FIEDLER, S.; BEYER, F.; SCHÜTZENMEISTER, K.; THIELE, B.; VALTANEN, K.; POLLE, A.; LEUSCHNER, C. Root-induced tree species effects on the source/sink strength for greenhouse gases (CH₄, N₂O and CO₂) of a temperate deciduous forest soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.57, n.1, p.587-597, 2013.
- IPCC. INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: SOLOMON, S.D.; QIN, M.; MANNING, Z.; CHEN, M.; MARQUIS, K.B.; AVERYT, M. T.; MILLER, H.L. (Eds.). Editora: Universidade de Cambridge, 996p. 2007.
- JIANG, J.; CHEN, L.; SUN, Q.; SANG, M.; HUANG, Y. Application of herbicides is likely to reduce greenhouse gas (N₂O and CH₄) emissions from rice-wheat cropping systems. **Atmospheric Environment**, v.107, n.4, p.62-69, 2015.
- JUNGKUNST, H. Analyses of biogeochemical fluxes at the landscape ecosystem scale. **Geoökologui**, v.32, n.1, p.97-142, 2011.
- JUNGKUNST, H.; FIEDLER, S. Latitudinal differentiated water table control of carbon dioxide, methane and nitrous oxide fluxes from hydromorphic soils: feedbacks to climate change. **Global Change Biology**, v.13, n.12, p.2668-2683, 2007.

- KREMER, R.J.; MEANS, N.E. Glyphosate and glyphosate-resistant crop interactions with rhizosphere microorganisms. **European Journal of Agronomy**, v.31, n.3, p.153-161, 2009.
- LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, v.304, n.5677, p.1623-1627, 2008.
- LANCASTER, S.H.; HOLLISTER, E.B.; SENSEMAN, S.A.; GENTRY, T.J. Effects of repeated glyphosate applications on soil microbial Community composition and the mineralization of glyphosate. **Pest Management Science**, v.66, n.1, p.59-64, 2009.
- MALHI, Y.; ROBERTS, J.T.; BETTS, R.A.; KILLEEN T.J.; LI, W.; NOBRE, C.A. Climate change, deforestation and the fate of the Amazon. **Science**, v.319, n.5860, p.169-172, 2008.
- MUNOZ, C.; PAULINO, L.; MONREAL, C.; ZAGAL, E. Greenhousegas (CO₂ and N₂O) emissions from soils: a review. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.70, n.3, p.485-497, 2010.
- NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; AMADO, T.J.C. BAYER, C.; LANZANOVA, M.E. Balanço de carbono orgânico no solo sob integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.6, p.2425-2433, 2008.
- SEPLAN. SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DO ESTADO DO MATO GROSSO. Mapa A001. Mapa de Solos do Estado de Mato Grosso. **Zoneamento socioeconômico ecológico**. PRODEAGRO, 2001.
- SILVA, R.R.; WERTH, D.; AVISSAR, R. The future of the Amazon Basin Hydroclimatology. **Journal of Climate**, v.1, n.19, p.1-51, 2006.
- SILVA, E.F.F.; DUARTE, S.N.; COELHO, R.D. Salinização dos solos cultivados sob ambiente protegidos no Estado de São Paulo. In: FOLEGATTI, M.V. (Ed.) **Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p.267-277.
- SMITH, K.A.; DOBBIE, K.E.; BALL, B.C.; BAKKEN, L.R.; SITAULA, B.K.; HANSEN, S.; BRUMME, R.; BORKEN, W.; CHRISTENSEN, S.; PRIEMÉ, A.; FOWLER, D.; MACDONALD, J.A.; SKIBA, U.; KLEMEDTSSON, L.; KASIMIR-KLEMEDTSSON, A.; DEGÓRSKA, A.; ORLANSKI, P. Oxidation of atmospheric methane in northern European soils, comparison with other ecosystems, and uncertainties in the global terrestrial sink. **Global Change Biology**, v.361, n.6, p.791-803, 2000.
- STEUDLER, P.A.; MELILLO, J.M.; FEIGL, B.J.; NEILL, C.; PICCOLO, M.C.; CERRI, C.C. Consequence of forest-to-pasture conversion on CH₄ fluxes in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Geophysical Research**, v.101, n.13, p.547-554, 1996.
- TOMÉ JUNIOR, J.B. **Manual para Interpretação de Análise de Solo**. Editora Guaíba: Agropecuária, v.1, 1997. 247p.
- VEIGA, F.; ZAPATTA, M.L.; FERNANDEZ, M.M.L.; ALVAREZ, E. Dynamics of glyphosate and amino methylphosphonicacid in a forest soil in Galicia, north-west Spain. **The Science of the Total Environment**, v.271, n.1, p.135-144, 2001.
- ZABLOTOWICZ, R.M.; REDDY, K.N. Impact of glyphosate on the *Bradyrhizobium japonicum* symbiosis with glyphosate-resistant transgenic soybean: a mini review. **Journal of Environmental Quality**, v.33, n.3, p.825-831, 2004.