

CIRCULAR TÉCNICA

41

Planaltina, DF
Agosto, 2019

Importância do sistema plantio direto na redução da emissão de gases de efeito estufa no Cerrado

Alexsandra Duarte de Oliveira
Arminda Moreira de Carvalho
Marcos Aurelio Carolino de Sá
Artur Gustavo Muller
João de Deus dos Santos Junior
Eloisa Aparecida B. Ferreira
Isis Lima dos Santos
Cicero Celio de Figueiredo
Fabiana Piontekowski Ribeiro
Juaci Vitoria Malaquias



Importância do sistema plantio direto na redução da emissão de gases de efeito estufa no Cerrado¹

Introdução

Em 2015, na conferência das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (COP 21), o Brasil propôs reduzir 37% de suas emissões até 2025, em relação aos níveis de 2005, além de uma contribuição indicativa subsequente de reduzir as emissões em 43% até 2030. A proposta indicava elementos tanto de mitigação de emissões de gases de efeito estufa (GEE) quanto de adaptação aos efeitos da mudança do clima que deveriam compor o conjunto de estratégias nacionais. Ações de mitigação já ocorrem em todo o país, com diferentes tipos de políticas públicas, nos diversos setores da economia. No setor agrícola especificamente, a estratégia é fortalecer e incentivar a adoção de tecnologias agropecuárias sustentáveis com alto potencial de mitigação das emissões de gases de efeito estufa de combate ao aquecimento global, já inseridos no Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono).

¹ **Alexsandra Duarte de Oliveira**, engenheira-agrônoma, doutora em Produção Vegetal, pesquisadora da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF; **Arminda Moreira de Carvalho**, engenheira-agrônoma, doutora em Ecologia, pesquisadora da Embrapa Cerrados; **Marcos Aurelio Carolino de Sá**, engenheiro-agrônomo, doutor em Manejo e Conservação do Solo e da Água, pesquisador da Embrapa Cerrados; **Artur Gustavo Muller**, engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados; **João de Deus dos Santos Junior**, engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados; **Eloisa Aparecida B. Ferreira**, engenheira-agrônoma, doutora em Ecologia, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF; **Isis Lima dos Santos**, engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, diretora de tecnologia e planejamento da Secretaria de Agricultura, Tecnologia, Indústria e Comércio, Barreiras, BA; **Cícero Celio de Figueiredo**, engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, professor associado da Universidade de Brasília, Brasília, DF; **Fabiana Piontekowski Ribeiro**, engenheira Florestal, doutora em Ciências Florestais, Brasília, DF; **Juaci Vitoria Malaquias**, estatístico, mestre em Ciência de Materiais em Modelagem e Simulação Computacional, analista da Embrapa Cerrados.

A concentração de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera atingiu 407,8 ppm (NOAA, 2017). Essa tendência de aumento das concentrações de GEE deverá continuar nas próximas décadas. No caso do N_2O , o setor agropecuário é o principal responsável por suas emissões para a atmosfera, como consequência da oxidação da matéria orgânica, dos fertilizantes nitrogenados e de processos microbianos associados às práticas de manejo dos resíduos vegetais (Santos et al., 2016; Figueiredo et al., 2018). Em razão da necessidade de produção de alimento, o consumo de fertilizantes tem aumentado, atingindo, em 2016, 34 milhões de toneladas no Brasil e 181,6 milhões de toneladas no mundo (IFA, 2016). Do total de fertilizantes consumidos em 2014, 28% foram fertilizantes nitrogenados (FAO, 2015).

Diante desses resultados, é necessário monitorar as emissões de N_2O , que possui potencial de aquecimento 298 vezes superior quando comparado ao CO_2 (Leip & Orlandini, 2007). Estimativas da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2003) estabeleceram aumentos das emissões de N_2O em função do uso de fertilizantes nitrogenados em 35 – 60% até 2030.

A área cultivada com soja e milho no Brasil é de aproximadamente 50,8 milhões de hectares, das quais a maior parte é cultivada em sistema plantio direto (SPD) (CONAB, 2017). No Cerrado, concentram-se 60% e 48% da produção de soja e milho, respectivamente (CONAB, 2015), com destaque para o cultivo do milho de 2ª safra (ou safrinha), tendo o sorgo como uma segunda opção (CONAB, 2017).

Aliar produtividade elevada com uma agricultura sustentável tem sido um desafio, nesse sentido, a pesquisa tem avaliado o uso do SPD na melhoria da qualidade do solo e no sequestro de carbono (C). Pesquisas têm mostrado que, no SPD, a palhada, mantida à superfície, contribui para a manutenção e/ou para o aumento da matéria orgânica do solo, reduzindo a emissão de gases de efeito estufa por meio do sequestro do carbono (C) e minimiza os impactos causados por práticas anteriores, que incluem o revolvimento do solo e a incorporação ou a eliminação de palhada, como no plantio convencional (PC) (Carvalho et al., 2009, 2010).

Pesquisas mostram ainda que o uso da rotação de culturas, com deposição dos resíduos orgânicos (leguminosas/gramíneas), tem sido considerado pro-

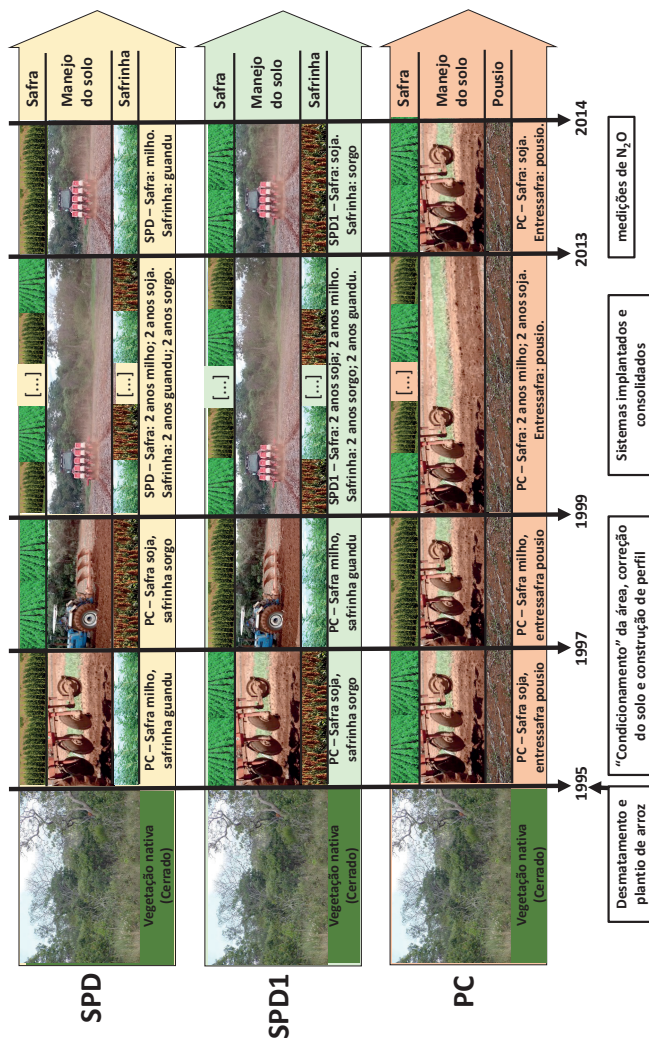
missor para o decréscimo das emissões de N_2O dos solos agrícolas (Zhang et al., 2015).

Apesar de o SPD ter sido amplamente estudado nas últimas duas décadas, a interação entre as práticas do SPD com a rotação de culturas e a relação entre a adoção desse sistema com a redução das emissões de N_2O do solo no Cerrado são complexas, necessitando melhor entendimento. Nesse contexto e diante dos mais de 31 milhões de hectares manejados sob SPD (FEBRAPDP, 2012), além das muitas áreas de PC em processo de conversão para SPD (IBGE, 2014; FEBRAPDP, 2012), pesquisas têm sido demandadas sobre o potencial mitigador do SDP nas emissões de N_2O em comparação ao sistema convencional (PC).

Este trabalho apresenta e discute informações que demonstram a importância do SPD, recomendando sua adoção associado à prática de rotação de culturas com utilização de segunda safra ou plantas de cobertura, como uma tecnologia mitigadora da emissão N_2O , um dos principais gases de efeito estufa e maior resiliência na atmosfera. Informações mais detalhadas sobre este estudo podem ser acessadas no trabalho de Santos et al. (2016).

Avaliação dos sistemas de plantio direto e plantio convencional

Avaliações dos sistemas de plantio direto (SPD) e de preparo e plantio convencional (PC) foram realizadas em experimento de longa duração conduzido na Embrapa Cerrados cujo histórico e dinâmica de uso são ilustrados na Figura 1 e na Tabela 1.



Legenda:
 SPD – sistema plantio direto com rotação bianual desde 1999, com safra de milho e safrinha de guandu por dois anos, seguido safra de soja e safrinha de guandu por dois anos, sucessivamente;
 SPD1 – sistema plantio direto com rotação bianual desde 1999, com safra de soja e safrinha de sorgo por dois anos, seguido safra de milho e safrinha de guandu por dois anos, sucessivamente; sendo as culturas alternadas em relação ao sistema SPD
 PC – sistema convencional de preparo de solo desde 1995 com rotação bianual, sendo dois anos soja seguidos de dois anos milho na safra e pousio na entressafra. Cerrado: vegetação nativa

Figura 1. Histórico da área experimental englobando o período de 1995 até 2014.

Fonte: Santos (2016) com modificações.

Tabela 1. Informações sobre o manejo adotado em cada sistema agrícola avaliado.

Sistema	Cultura	Inoculante	Semeadura	Espaçamento	Adubação		Colheita
					Plantio	Cobertura	
SPD							
Safra	Milho	x	22/10/2013	0,7 m entrelinha	350 kg/ha de NPK 4-30-16	155 kg de ureia/ha (70 kg de N/ha) aos 20 dias e 47 dias após semeadura	10/3/2013
Safinha	Guandu	x	12/3/2014	0,5 m entrelinha	x	x	Planta de cobertura
SPD1							
Safra	Soja superprecoce	<i>Bradyrhizobium japonicum</i> (CPAC 7 e CPAC 15)	20/10/2013	0,45m entrelinha	400 kg/ha de NPK 0-20-20	x	29/1/2014
Safinha	Sorgo	x	10/02/2014	0,5 m entrelinha	300 kg/ha de NPK 4-30-16	111 kg/ha de ureia (50 kg/ha de N) aos 27 dias após semeadura	9/6/2014
PC							
Safra	Soja superprecoce	<i>Bradyrhizobium japonicum</i> (CPAC 7 e CPAC 15)	20/10/2013	0,45m entrelinha	400 kg/ha de NPK 0-20-20	x	29/1/2014*

* Após a colheita, no dia 29 de janeiro, a área foi deixada em pousio.

Produtividade e emissão de N_2O em Sistema de Plantio Direto e Plantio Convencional

Na safra de 2013/2014, as produtividades das culturas foram baixas em todos os sistemas avaliados (Figura 2A) em função de irregularidades na distribuição de chuvas ao longo do ciclo de crescimento durante a safra, que resultou em 6.458 kg/ha de milho (aproximadamente 108 sacas de grãos) no SPD, seguido de 3.890 kg/ha de matéria seca de guandu, que não chegou a encher grão, uma vez que a semeadura em março, após a colheita do milho, já não proporcionou à cultura boas condições de chuva e umidade no solo. No SPD1, a produtividade da soja na safra foi de 2.630 kg/ha (aproximadamente 44 sacas de grãos), acompanhado de 4.151 kg/ha de sorgo na safrinha (69 sacas de grãos). No PC, a mesma soja produziu apenas 2.210 kg/ha (aproximadamente 37 sacas de grãos). Historicamente, as produtividades têm sido mais elevadas neste experimento em anos com boa distribuição de chuvas.

As emissões totais acumuladas de N_2O ao longo do ano agrícola 2013/2014 foram 4,85 vezes mais elevadas no sistema de preparo convencional (PC) quando comparado ao Cerrado nativo, que apresenta os valores mais baixos de emissão (280 g/ha de N_2O), ficando os sistemas manejados com Plantio Direto em posição intermediária (Figura 2B). No caso do SPD, que se aproximou mais do Cerrado (700 g/ha de N_2O), boa parte da emissão anual pode ser atribuída à adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho-safra. Para o SPD1, a emissão anual de 1.060 g/ha de N_2O pode ser atribuída à decomposição de parte da palhada de soja, rica em nitrogênio (oriundo de fixação biológica), associada à adubação nitrogenada realizada no sorgo durante a safrinha (Tabela 2).

O sistema de preparo convencional (PC) apresentou emissão de N_2O mais elevada (1.360 g/ha), mesmo não tendo recebido adubação nitrogenada, o que pode ser atribuído à decomposição de restos culturais de soja do ano anterior, associado ao preparo de solo cujo revolvimento e quebra de agregados favorecem a decomposição e a mineralização da matéria orgânica pelos microrganismos do solo. Interessante ressaltar que a cultura da soja, mesmo não recebendo adubo nitrogenado dada à fixação biológica, pode se tornar uma importante fonte de emissão de N_2O , caso seja realizado o preparo de solo, conforme observado na Figura 2B.

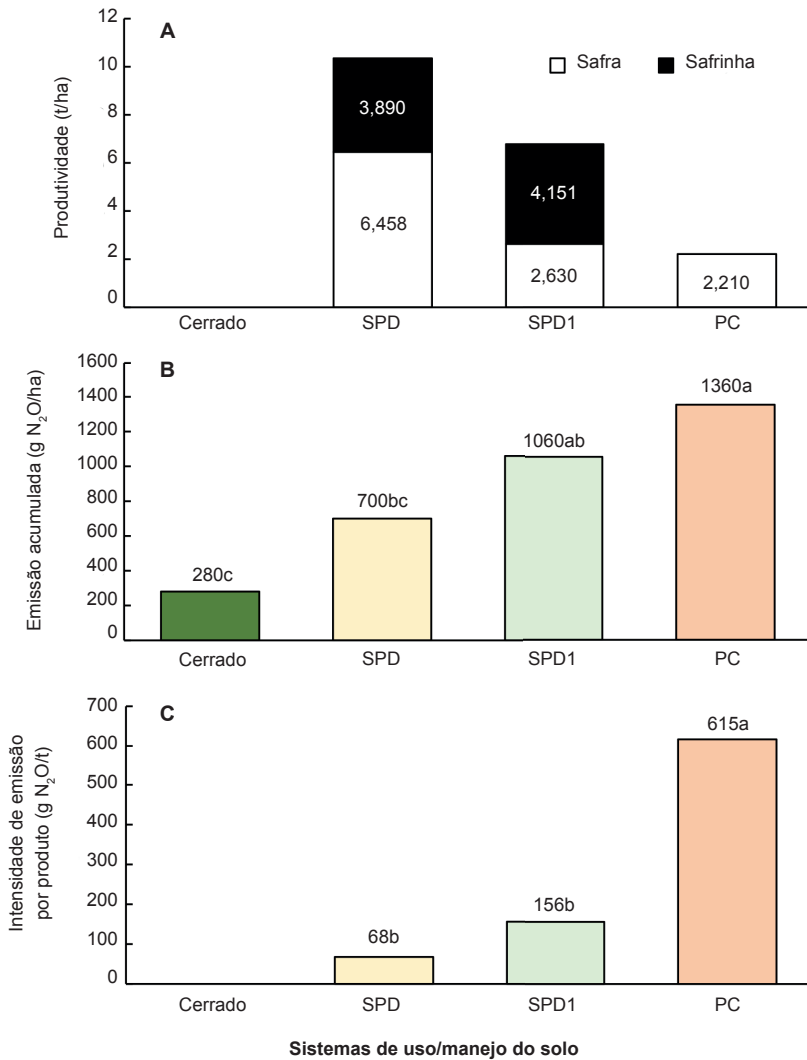


Figura 2. Produtividade de grãos durante a safra e safrinha no ano agrícola 2013/2014. Em que: SPD – milho na safra e matéria seca total de gandu na safrinha; SPD1 – soja na safra e sorgo na safrinha (grãos), e PC – soja na safra (A); emissão de N₂O acumulada no mesmo ano agrícola em diferentes sistemas de uso/manejo do solo, em que barras com valores seguidos de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de tukey a 5% (B); e intensidade de emissão, expressa em gramas de N₂O por tonelada de grãos/matéria seca produzida (C). Embrapa Cerrados, outubro de 2017.

Intensidade de emissão de N_2O por produto

Outra forma de se avaliar a eficiência dos sistemas de manejo é tomando por base a intensidade de emissão por produto, ou seja, quanto de N_2O é emitido por tonelada de grãos produzidos. Nesse caso, o sistema menos eficiente foi o convencional (PC) cuja intensidade de emissão foi de 615 g de N_2O por tonelada de grãos produzida (Figura 2C). Isso equivale dizer que, nas condições avaliadas, para cada saca de 60 kg de soja produzida em sistema convencional, foram emitidas aproximadamente 37 g de N_2O . Nos sistemas de manejo, em que é realizado o plantio direto, o balanço é muito mais favorável. No caso do SPD1, a intensidade de emissão foi de 156 g de N_2O por tonelada de grãos produzida, o que naturalmente engloba a produção de soja na safra mais sorgo na safrinha. Isso corresponderia a aproximadamente 9,4 g de N_2O para cada saca de 60 kg de grãos produzida (soja e sorgo). No caso do SPD, considerando a produtividade de milho (grãos) mais a matéria seca total do guandu, que não chegou a encher grãos, foi observada uma intensidade de emissão de 68 g de N_2O por tonelada de grãos mais matéria seca total produzida. Por outro lado, se desconsiderarmos no cálculo a matéria seca de guandu, sendo este considerado apenas como planta de cobertura, considerando apenas a produtividade de grãos de milho, que foi de 6.458 kg/ha de grãos (aproximadamente 108 sacas), foi obtida uma intensidade de emissão de aproximadamente 6,5 g de N_2O para cada saca de 60 kg de milho produzida, valor ainda inferior ao observado para soja produzida sob sistema convencional de preparo de solo, que foi 37 g de N_2O por saca, ou seja, aproximadamente 5,7 vezes mais. Esse fato demonstra que, mesmo recebendo fertilizante nitrogenado, o que de acordo com a literatura contribui para o aumento das emissões de N_2O , o milho em sistema plantio direto emite menos N_2O do que a soja cultivada sob preparo de solo, mesmo que nessa cultura todo o aporte de nitrogênio seja oriundo de fixação biológica. Isso demonstra que o acúmulo de matéria orgânica do solo sob plantio direto, decorrente principalmente da ausência de revolvimento do solo, exerce papel-chave para a mitigação da emissão de gases de efeito estufa, contribuindo para a sustentabilidade da produção agrícola.

Recomendações

Com base nos resultados apresentados, recomenda-se a adoção do sistema de plantio direto, associado à prática de rotação de culturas com utilização de segunda safra ou plantas de cobertura como uma tecnologia mitigadora da emissão de N_2O .

Para a utilização de plantas de cobertura, informações, tais como a escolha da espécie, o espaçamento de plantio, a densidade e a forma de semeadura, encontram-se disponíveis em Carvalho et al., 2006, 2018.

Considerações Finais

A segunda safra, seja para produção de grãos, seja para cobertura do solo, pode ser implantada sempre que as condições climáticas e de manejo permitirem, considerando-se as tecnologias disponíveis e o sistema de produção relacionado à cultura ou cultivar escolhida.

Referências

CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. Plantas condicionadoras de solo: interações edafoclimáticas, uso e manejo. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (Ed.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 143-170.

CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; PICOLLO, M. C.; GODINHO, V. P.; CERRI, C. C. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. **Soil & Tillage Research**, n. 103, p. 342-349, 2009.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R.; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 277-289, 2010.

CARVALHO, A. M.; OLIVEIRA, A. D. de; COSER, T. R.; MARTINS, A. D.; MARCHÃO, R. L.; PULRONIK, K.; SÁ, M. A. C. de. **Plantas de cobertura do solo recomendadas para a entressafra de milho em sistema plantio direto no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2018. 7 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 181).

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos safra 2014/2015: oitavo levantamento: maio de 2015**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_05_13_08_46_55_boletim_graos_mai_2015.pdf> Acesso em: 10 de out. 2017.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos safra 2016/2017: décimo segundo levantamento: setembro de 2017**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_12_10_14_36_boletim_graos_setembro_2017.pdf>. Acesso em: 19 de out. 2017.

FAO. **World Agriculture**: Towards 2015/2030. An FAO Perspective. Rome, 2003. 97 p.

FAO. **Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra Emisiones por fuentes y absorciones por sumideros**. Rome, 2014. p. 22. (Working Paper Series ESS/14-02 - División de Estadística de la FAO).

FEBRAPDP. **Área do sistema plantio direto 2011-2012**. Disponível em: <http://febrapdp.org.br/download/PD_Brasil_2013.jpg>. Acesso em: 18 out. 2017.

FIGUEIREDO, C. C.; OLIVEIRA, A. D.; SANTOS, I. L.; FERREIRA, E. A. B.; MALAQUIAS, J. V.; SÁ, M. A. C.; CARVALHO, A. M. C.; SANTOS Jr., J. D. G. Relationships between soil organic matter pools and nitrous oxide emissions of agroecosystems in the Brazilian Cerrado. **Science of the Total Environment**, v. 618, p. 1572-1582, 2018.

IFA (International Fertilizer Association). **IFASTAT, Statistical Databases, the Agriculture Committee**. Paris, 2016. Disponível em: <<http://ifadata.fertilizer.org/ucSearch.aspx> [2016-9-16]>. Acesso em: 18 out. 2017

IBGE. **Levantamento sistemático de produção agrícola**: estimativas outubro/novembro, 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/ispa/ispa_201411_1.shtm>. Acesso em: 15 dez. 2014.

LEIP, A.; ORLANDINI, L. Nitrogen fluxes from rapeseed cultivation in Europe. In: NITROGEN CONFERENCE, 4., 2007, Costa do Sauípe, Bahia, Brazil. **Abstracts...** Brazil: INI, 2007. p. 140.

NOAA. National oceanic and atmospheric administration. **Trends in Atmospheric Carbon Dioxide**. 2017. Disponível em: <<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>>. Acesso em: 17 set. 2018.

SANTOS, I. L. **Emissão de óxido nitroso e matéria orgânica do solo em agroecossistemas de longa duração no Cerrado**. 2016. 111 f. Tese (Doutorado)- Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016.

SANTOS, I. L.; OLIVEIRA, A. D.; FIGUEIREDO, C. C.; MALAQUIAS, J. V.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; FERREIRA, E. A. B.; SÁ, M. A. C.; CARVALHO, A. M. Soil N₂O emissions from long-term agroecosystems: Interactive effects of rainfall seasonality and crop rotation in the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 233, p. 111-120, 2016.

ZHANG, Y.; SHEN, J.; WANG, Z.; CHEN, L.; ZHENG, J. Nitrous oxide and methane emissions from a Chinese wheat-rice cropping system under different tillage practices during the wheat-growing season. **Soil Tillage Research**, v. 146, p. 261-269, 2015.

Exemplar desta publicação disponível gratuitamente no link: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br> (Digite o título e clique em pesquisar)

Embrapa Cerrados

BR 020 Km 18 Rod. Brasília/Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970, Planaltina, DF
Fone: (61) 3388-9898
Fax: (61) 3388-9879
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

1ª impressão (2019):
30 exemplares

Impressão e acabamento
Embrapa Cerrados



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações

Presidente

Marcelo Ayres Carvalho

Secretária-executiva

Marina de Fátima Vilela

Membros

*Alessandra Silva Gelape Faleiro,
Cícero Donizete Pereira, Gustavo José Braga,
João de Deus G. dos Santos Júnior,
Jussara Flores de Oliveira Arbues,
Maria Edilva Nogueira,
Shirley da Luz Soares Araujo*

Supervisão editorial

Jussara Flores de O. Arbues

Revisão de texto

Jussara Flores de O. Arbues

Normalização bibliográfica

Shirley da Luz Soares Araujo

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Edição eletrônica

Leila Sandra Gomes Alencar

Fotos da capa

Alessandra Duarte de Oliveira