

ARTIGO DE REVISÃO

SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA E SUA INSERÇÃO NA QUESTÃO AMBIENTAL

CIRO FRANCO FIORENTIN¹, GUILHERME LEONARDO FREITAS SILVA²,
ADRIANE THEODORO SANTOS ALFARO³

Recebido em 09.12.2013 e aceito em 25.05.2014.

¹Mestre em Agronomia/UNESP, Engenheiro Agrônomo/UDESC, Profissional de Ciência e Tecnologia da Área de Propagação Vegetal do Instituto Agronômico do Paraná/IAPAR, CEP: 84001-970, Av. Presidente Kennedy, Km 496, Ponta Grossa/PR. cifiorentin@yahoo.com.br. Autor para correspondência; ²Mestre em Educação/UEPG, Graduado em Ciências Biológicas/UEPG, Professor do Curso de Gestão Ambiental do Centro de Ensino Superior de Campos Gerais/CESCAGE, CEP: 84030-000, Av. Carlos Cavalcanti, 8000, Uvaranas, Ponta Grossa/PR. guilherme.silva@cescage.edu.br; ³Mestre em Agronomia/UEPG, Engenheira Agrônoma/UEPG, Professora do Curso de Agronomia do Centro de Ensino Superior de Campos Gerais/CESCAGE, CEP: 84030-000, Av. Carlos Cavalcanti, 8000, Uvaranas, Ponta Grossa/PR. adrianealfaro@cescage.edu.br

RESUMO: Com a chegada de imigrantes europeus ao Brasil, novas técnicas e novos modelos de cultivos foram introduzidos na ainda incipiente agricultura brasileira, baseando-se principalmente no revolvimento do solo. Porém, níveis inaceitáveis de erosão começaram a surgir, praticamente inviabilizando o cultivo em determinadas áreas. Concomitante a esse problema, por muitos anos a questão ambiental da agricultura ficou de lado, em segundo plano, sem a merecida atenção que devia. Desse modo, o objetivo desse trabalho foi reunir informações sobre os benefícios que o sistema de semeadura direta trás para a questão ambiental. Verifica-se que o uso do sistema de semeadura direta em substituição ao sistema de semeadura convencional, promove diminuição nas perdas de nutrientes, nos resíduos de defensivos agrícolas adsorvidos a partículas de solo ou por meio da matéria orgânica, nos assoreamentos de rios e lagos, no consumo de água e energia elétrica para regiões com agricultura irrigada e no uso de combustíveis e defensivos agrícolas. Através desse artigo de revisão temática, é possível afirmar que com o uso do sistema de semeadura direta, tem-se eficiência econômica e menor impacto ambiental na produção agrícola.

Palavras-chave: Erosão do solo, cobertura morta, sustentabilidade, impacto ambiental

NO-TILLAGE SYSTEM AND THEIR INCLUSION IN ENVIRONMENTAL ISSUE

ABSTRACT: After European immigrants arrival to Brazil, new techniques and crop types were introduced in that burgeoning Brazilian agriculture, mainly basing on mixed soil. However, unacceptable erosion levels began to emerge, virtually precluding cultivation in certain areas. Concomitant to this problem, for many years the agriculture environmental issues stood aside, in the background, without the deserved attention it should. Thus, the aim of this study was to gather information about the benefits the no-tillage system offers to the environmental issue. It is verified the use of no-tillage system to replace conventional tillage system, promotes reduction in nutrient losses, pesticides residues adsorbed to soil particles or by organic matter, rivers and lakes silting, water and electricity consumption in areas with irrigated agriculture and fuels and pesticides use. Through this thematic review article, it becomes clear with use of no-tillage system, economic efficiency and lower environmental impact on agricultural production occurs.

Key words: Erosion soil, mulch, sustainability, environmental impact

INTRODUÇÃO

Do início da década de 1970 até a década de 1990, a adoção do sistema de semeadura

direta (SSD) foi incipiente no Brasil, decorrente da falta de maquinários específicos, exagerada compactação do solo e controle fitossanitário inadequado. Porém, a partir daí, com o

aperfeiçoamento da técnica, o país se tornou referência mundial no assunto.

O SSD se fundamenta na eliminação das operações de preparo do solo, uso de semeadoras específicas, controle de plantas daninhas com herbicidas, formação de cobertura morta em quantidade elevada na superfície do solo e na rotação de culturas. Essas atividades proporcionam proteção dos agregados do solo contra os efeitos erosivos da chuva; redução da evapotranspiração e do escoamento superficial de água; aumento da agregação e da estabilidade dos agregados do solo; manutenção de temperaturas mais amenas das camadas superficiais do solo, redução ou impedimento da emergência de plântulas daninhas (Fornasieri Filho, 2007) e maior acúmulo de matéria orgânica (MO) na camada superficial do solo (Lal, 2009), aumentando a eficiência dos fertilizantes aplicados e criando condições para melhorar a biologia do solo.

Atualmente, têm-se encontrado sérias limitações para a viabilização e implantação do SSD em regiões que permanecem quentes e úmidas em boa parte do ano (Cerrado brasileiro), desde o norte do Paraná até Sul do Maranhão, incluindo Sudeste e Centro Oeste, face às dificuldades de obtenção de produção de cobertura morta e da manutenção das mesmas na forma de relativa estabilidade sobre a superfície do solo, essenciais para a sustentabilidade do sistema.

Nessas regiões há características topográficas e extensão de áreas muito favoráveis à produção agrícola, porém para a efetiva adoção do SSD é necessário buscar espécies vegetais alternativas capazes de proporcionarem boa produção de cobertura morta e com a capacidade de manutenção sobre o solo, o que é influenciado pela relação carbono/nitrogênio (C/N) do material vegetal da cobertura morta e pelo manejo que lhe é dado. A reduzida disponibilidade hídrica no período posterior à colheita de verão para o cultivo de plantas de cobertura, ao reduzido número de espécies que podem ser utilizadas, associadas às altas temperaturas, aumentam as dificuldades de se manter o sistema (Torres et al., 2008).

Dentre as dificuldades em se adotar esse sistema, há a necessidade de maior produção de palhada devido à alta velocidade de mineralização em que é acometida. Fiorentin et al. (2011) relatam que a elevada quantidade de palhada da *Brachiaria ruziziensis* exclusiva presente quando da semeadura do feijoeiro,

prejudica o funcionamento adequado do mecanismo de corte da semeadora, não efetuando a adequada abertura da palhada, provavelmente pelo efeito “colchão” no ato da semeadura, podendo resultar em menor estande de plantas.

Além disso, ocorre maior chance de queimadas em detrimento à presença de palhada seca, diminuindo a biodiversidade do local, devolvendo para a atmosfera nutrientes voláteis (nitrogênio (N) e enxofre (S)) e destruindo a matéria orgânica e microrganismos, dentre eles as bactérias que fixam nutrientes para as plantas (Hammes, 2012).

Outra dificuldade em se adotar o SSD está na possibilidade de geadas mais severas, em regiões onde ela poderá ocorrer, quando comparado ao sistema de semeadura convencional (SSC). Dessa forma, a escolha de culturas para a formação de palhada se torna fundamental. Farinelli et al. (2010) concluíram que quanto maior for a quantidade de palhada presente na superfície do solo, maiores são as chances da geada afetar a cultura sobre ela. Nesse mesmo trabalho, os autores relatam que utilizando as culturas sorgo de guiné (*Sorghum bicolor* tipo guinea), sorgo duplo propósito cv AG-2501C (*Sorghum bicolor*) e milheto cv BN-2 (*Pennisetum glaucum*), cultivados anteriormente à cultura do feijão, houve maior severidade promovida por esse fenômeno climático sobre as plantas de feijoeiro. No entanto, utilizando as culturas do feijão bravo do Ceará (*Canavalia brasiliensis*) e a *Crotalaria juncea* cv. IAC-KR1, juntamente com o tratamento sem a presença de palhada, os danos decorrentes da geada foram menos severos.

Apesar das dificuldades em se adotar o SSD com qualidade, é importante salientar suas inúmeras vantagens e benefícios à agricultura. Contudo, em diversas ocasiões, foca-se apenas nas relacionadas diretamente com a agricultura, deixando-se de lado o favorecimento que esse sistema proporciona para a questão ambiental. Em função do exposto, esse trabalho teve como objetivo realizar uma revisão temática sobre os benefícios que o SSD trás para a questão ambiental, minimizando os impactos causados pelo SSC.

DESENVOLVIMENTO

Com a chegada de imigrantes europeus, por volta dos anos de 1950 ao Sul do país, áreas agrícolas foram sendo criadas e cultivadas sob a forma e uso de técnicas oriundas de seus países de origem, ou seja, baseadas no modelo de cultivo com equipamentos e tratores agrícolas para o revolvimento do solo e controle de plantas daninhas, lançando mão do uso da técnica do fogo para queima da cobertura morta a fim de facilitar as operações de cultivo (Casão Junior et al., 2008; Silva et al., 2009b).

Após alguns anos, imensa área já estava sendo destinada à produção agrícola no SSC, criando rapidamente problemas ligados à erosão. Segundo Amado & Eltz (2003), a estimativa de perdas de solo por erosão pode atingir até dez t ha⁻¹ para cada tonelada de grão produzida.

Processo predominantemente de superfície, em maior ou menor escala, a erosão depende do tipo de uso do solo, da forma como este e a cultura são manejadas, bem como das diferentes características e propriedades físicas internas do solo (Oliveira et al., 2012). Essas condições influenciam a resistência do solo à ação erosiva da chuva e da enxurrada, na facilidade de infiltração da água e no seu movimento no interior do solo (Bagatini et al., 2011).

No entanto, na década de 80, a disponibilização de resultados era pouca e alguns pesquisadores defendiam a ideia de haver necessidade de uma transição para o cultivo mínimo antes de implantar o SSD. Com o desenvolvimento de pesquisas e com a comprovação do aumento de rendimentos na produtividade em nível de propriedade rural, essa transição para o cultivo mínimo antes do SSD não era necessário, desde que o SSD fosse implantado adequadamente (Casão Junior et al., 2008).

Segundo Huggins & Reganold (2008), a transição da lavoura sob SSC para SSD produz uma mudança radical de profundo impacto no solo e nos campos das fazendas, podendo surgir diferentes tipos de insetos-pragas, doenças e plantas daninhas, demandando maior cautela no início do SSD. Com o objetivo dos agricultores adquirirem experiência, os autores indicam que a área inicial a ser convertida deverá ficar entre 10% a 15% do total da propriedade, já que há um risco real de redução de ganhos e até perda de safras.

Porém, o tempo para a consolidação do SSD é relativo a diversos fatores ambientais, de

manejo e das características do próprio solo, levando a um consenso de que as transformações ocorrem ao longo do tempo. Petry et al. (2007), não encontraram diferenças quanto ao armazenamento e disponibilidade de água às plantas após dois anos da implantação do SSD em comparação ao SSC. Já Cruz et al. (2003) perceberam maior acúmulo de carbono orgânico na camada superficial após três anos. Com sete anos de implantação, Silva et al. (2006a) encontraram redução na amplitude térmica do solo. Por fim, Pereira Neto et al. (2007) avaliaram diferentes sistemas de manejo do solo, desde SSC, SSD implantado entre dois a 14 anos e floresta, onde por modelos matemáticos concluíram que o SSD apresenta características de consolidação aproximadamente entre o 9º e 10º ano após a implantação. Após esse período de transição, o SSD apresenta por completo diversos benefícios, os quais serão detalhados a seguir.

Diminuição da erosão através da utilização de plantas de cobertura como proteção superficial do solo

Sem uma proteção efetiva, o processo inicial da degradação da superfície do solo se dá nos primeiros centímetros de profundidade, através da percolação da argila dispersa entre os poros da terra revolvida. Isso leva ao adensamento, obstrução, redução dos poros e do aumento da resistência hidráulica, ou seja, forma-se uma camada adensada e pouco permeável, justamente pelo “entupimento” desses poros através da argila percolada, causando menor velocidade de infiltração de água e maior escoamento superficial, carregando partículas de solo para fora da área agrícola (Rosa et al., 2013).

As perdas de solo aumentam rapidamente até níveis inaceitáveis quando se utiliza de práticas inadequadas de manejo que alteram o micro relevo e a cobertura por resíduos vegetais, promovendo a exposição da superfície do solo à ação da chuva e da enxurrada (Panachuki et al., 2011).

Juntamente com o solo ocorre: perdas de nutrientes adsorvidos às partículas de argila, podendo causar eutrofização de rios e lagos; assoreamentos, limitando profundidade e dificultando a navegação e a produção de energia; redução da lâmina d'água,

provocando maior aquecimento e dificultando a dissolução do oxigênio; aumento da possibilidade de alagamento de áreas marginais; e aumento da turbidez da água, que impede a infiltração de luz solar e prejudica toda flora e fauna ali presente (Hammes, 2012).

Dentre todos esses, o aspecto mais positivo da adoção do SSD é, sem dúvida, o controle da erosão por meio da proteção dos agregados do solo, pois possibilita a redução das perdas de solo em até 90% (Cury, 2000).

Outro fator que contribui de forma significativa para a ocorrência da erosão é a energia cinética das gotas de chuva, que quando em contato com o solo desagrega suas estruturas. Com a presença de cobertura morta sobre o solo no SSD, esse efeito desagregador das gotas de chuva é reduzido, pois promove sua dissipação (Braidá et al., 2006).

Além da questão ambiental, o SSD favorece a questão econômica na produção de grãos. Fiorentin et al. (2012) avaliaram a porcentagem de cobertura do solo utilizando diferentes tipos de cobertura morta e verificaram que a maior produtividade de grãos de feijoeiro sobre a palhada de *B. ruziziensis* como cultura antecessora, em consórcio (2.319 kg ha⁻¹) ou não (2.143 kg ha⁻¹) com milho, em relação ao milho cultivado exclusivamente (1.636 kg ha⁻¹) pode estar relacionado com a melhor cobertura da superfície do solo proporcionado pela forrageira, onde houve cobertura de 93% para a palhada de *B. ruziziensis* cultivada em consórcio com o milho e 100% para a *B. ruziziensis* cultivada exclusivamente, já que no sistema de cultivo de milho exclusivo, a cobertura morta de milho proporcionou 73% de cobertura superficial do solo.

Oliveira et al. (2004) ressaltam que, após 20 anos de análises e comparações do manejo do solo utilizando arado de discos, SSD e vegetação natural em Planaltina/GO, região de Cerrado brasileiro, o SSD gera redução na densidade do solo e maior disponibilidade de água para as plantas, onde, segundo os autores, é esperada maior sustentabilidade agrícola nesse sistema em relação ao sistema utilizando arado de discos.

No entanto, o volume de água perdida depende vários outros fatores, as quais estão relacionadas ao tipo de solo e às condições físicas de superfície, quando comparado ao sistema de manejo do solo propriamente dito (Amaral et al., 2008).

Segundo Bertol et al. (2007), fica claro que a taxa constante de enxurrada pode diminuir significativamente dependendo do tipo de preparo do solo para diferentes culturas, sendo que a presença de cobertura morta na superfície do solo é fator decisivo para tal. Os autores verificaram que o SSD reduziu perdas de solo na ordem de 88 % em relação ao SSC, enquanto as perdas de água foram reduzidas em 57 %, na média dos valores anuais entre 1992 e 2003, o que confirma que o SSD é muito mais eficaz na redução de perdas de solo do que de água, em relação ao SSC.

Porém, adotar o SSD não é sinônimo de proteção ambiental, já que se o solo não for bem manejado, sem o devido cuidado em se deixar cobertura morta de qualidade na superfície do solo, a erosão de partículas de solo será inevitável. Para evitar esse problema, a quantidade mínima sugerida de cobertura morta na superfície do solo é de seis t ha⁻¹ (Alvarenga et al., 2001; Nunes et al., 2006).

Em trabalho realizado por cinco anos num Latossolo Vermelho aluminoférrico por Beutler et al. (2003), em Chapecó/SC, verificaram que as perdas totais de solo no período do SSD (3,23 Mg ha⁻¹) foram abaixo de 1% da quantidade que o SSC perdeu (55.025 Mg ha⁻¹). Os autores concluíram que o SSD, tanto envolvendo rotação de culturas no inverno e verão quanto envolvendo rotação de preparos, foi mais eficaz no controle das perdas de solo e água do que os demais tratamentos (SSC e cultivo mínimo).

Diferentemente da região Sul do país, em região de Cerrado ocorre limitação no uso de plantas de cobertura, principalmente pela falta de chuvas no inverno, ocasionando déficit hídrico ao solo nesse período. Por outro lado, elevadas temperaturas ao longo do ano possibilitam elevada atividade microbiana, aumentando a taxa de decomposição da cobertura morta em superfície (Nunes et al., 2011).

Em função disso, as espécies leguminosas estão entre as de maior dificuldade na produção e manutenção da palhada no Cerrado, já que sua decomposição é acelerada. Em trabalho realizado por Nunes et al. (2006) em Diamantina/MG, as espécies *Mucuna aterrima*, *Calopogonio mucunoides*, *Dolichos lab lab*, *Cajanus cajan* e *Crotalaria juncea*, não foram indicadas para produção de matéria seca para o SSD. Já as gramíneas

Panicum maximum cv. Mombaça, *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens* e *P. maximum* cv. Tanzânia produzem matéria seca em quantidade suficiente para viabilizar o SSD.

Contudo, as espécies de braquiária são as mais indicadas para a produção de palhada, devido a sua boa adaptação a essa região e pela facilidade de seu manejo. Aidar et al. (2000) avaliaram em Santa Helena de Goiás – GO, cinco fontes de resíduo para cobertura morta, antes e após a colheita do feijoeiro cv. Pérola, além do desempenho produtivo. Verificaram que a cobertura morta de *B. brizantha*, associada aos restos culturais do milho, ultrapassou 16 t ha⁻¹ de matéria seca, mantendo-se suficiente para a proteção do solo por mais de 107 dias. De forma geral, a produtividade do feijoeiro no trabalho foi elevada, ficando acima de 3.500 kg ha⁻¹.

Em regiões mais frias, há maior facilidade no cultivo de espécies para cobertura morta sobre o solo no período de inverno, já que o regime hídrico é mais favorável nesse período. Em trabalho desenvolvido em Canoinhas/SC, o cultivo no inverno de aveia-preta e centeio e os consórcios entre azevém/aveia-preta/centeio/ervilhaca/nabo forrageiro e aveia/ervilhaca, produziram 8.333 kg ha⁻¹, 9.000 kg ha⁻¹, 9.300 kg ha⁻¹ e 9.693 kg ha⁻¹, respectivamente. No entanto, azevém e nabo forrageiro produziram as menores quantidades de palha, 5.200 kg ha⁻¹ e 6.406 kg ha⁻¹, respectivamente, porém ainda assim é uma quantidade considerável razoável para viabilizar o SSD (Balbinot Júnior, et al., 2007).

Redução de perda de nutrientes e fertilizantes minerais

Sabe-se que é essencialmente importante, para a proteção da superfície do solo, o conhecimento da relação C/N da cobertura morta, já que quanto maior a relação, maior será o período de tempo do solo protegido. Porém, é bastante variável. Nas leguminosas essa relação está compreendida entre 20/1 e 30/1; na cobertura morta com gramíneas entre 50/1 e 200/1. Silva et al. (2009a) citam que a cobertura morta do milho pode ter uma relação de até 71/1 ao final de seu ciclo. Lopes et al. (2004) atribuem a fácil decomposição de cobertura morta com relação C/N da ordem de 15 a 20/1, por as mesmas facilitarem o crescimento da população microbiana decompositora presente no solo, proporcionando inclusive rápido fornecimento de

nutrientes extraídos em camadas mais profundas do solo para as mais superficiais. Em material com relação C/N superior a 30/1, se limita o crescimento da população microbiana, que apresenta, em média, relação C/N de 10/1, aumentando o tempo necessário para a decomposição da cobertura morta.

Devido à menor decomposição da cobertura morta no início da adoção do SSD (fase de transição entre o SSC e SSD), ocorre redução dos teores de carbono (C) e N na camada superficial do solo, podendo até ser percebido sintomas de deficiência desse último nutriente às plantas (Castro Filho et al., 1991), em função do baixo teor de MO, imobilização do N pelo microrganismos e a não mais incorporação da cobertura morta ao solo.

Entretanto, ao longo do tempo, após a estabilização do SSD (Pereira Neto et al., 2007), o acúmulo de C na superfície do solo promove aumento da MO, e em consequência da decomposição da cobertura morta, a concentração de nutrientes (Balbinot Júnior et al., 2009), principalmente na superfície do solo (Oliveira et al., 2004; Nunes et al., 2011), aumentando inclusive a atividade biológica e reduzindo os riscos ambientais e econômico ao produtor.

Bayer et al. (2006) estimaram que o SSD pode acumular anualmente 350 kg ha⁻¹ de C, em uma profundidade de 20 cm de solo, em região de Cerrado, podendo chegar a 480 kg ha⁻¹ no Sul do Brasil. Em contrapartida, o *Intergovernmental Panel on Climate Change* revelou dados de aumento das concentrações atmosféricas dos gases do efeito estufa (GEEs) desde a revolução industrial, ultrapassando, em muito, os valores observados no período pré-industrial (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007).

Considerando esses dados, o SSD pode evitar que concentrações de CO₂ aumentem na atmosfera, podendo até mesmo reduzir. Barreto et al. (2009), comparando a emissão de CO₂ utilizando o SSD e SSC na região de Londrina/PR em Latossolo Vermelho distroférrico, muito argiloso, verificaram que somente nas primeiras oito horas do início da medição de emissão após simulação de destruição dos agregados, houve liberação de 79,4 kg C-CO₂ ha⁻¹ no SSD e de 29,1 kg C-CO₂ ha⁻¹ no SSC, ou seja, o SSD evitou que

50,3 kg C-CO₂ ha⁻¹ fossem emitidos para atmosfera.

Outro importante benefício com o uso do SSD é a menor probabilidade de contaminação de lençóis subterrâneos e recursos hídricos. Diversos são os trabalhos mencionando e exemplificando a vantagem de se ter MO na fração coloidal, a qual adsorverá fortemente moléculas de defensivos agrícolas que não foram absorvidas pelas plantas, propiciando maior tempo para que sejam degradadas (Roman et al., 2007; Correia et al., 2007; Moura et al., 2008; Dick et al., 2010; Arantes et al., 2012). Porém, só esse fator não impede que os resíduos sejam carreados para fora da lavoura, já que é necessário que se tenha cobertura morta na superfície do solo capaz de impedir a erosão do solo, e conseqüentemente, da MO.

Considerando que o manejo para alta eficiência do N é complexo em função dos vários fatores que interagem em sua dinâmica no sistema solo-planta-atmosfera, dentre eles o período em que o SSD está efetivamente instalado, teor de MO, estoque de N acumulado, intensidade pluviométrica, tipos de rotação e/ou sucessão de culturas, tipos e quantidade de resteva presente, e, sobretudo, a existência de pequeno número de experimentos de campo de longa duração, à exceção da Região Sul do Brasil, não se permite a adoção de regras gerais aplicáveis às diversas situações de solos, clima e culturas onde esse sistema é praticado (Lopes et al., 2004).

A atmosfera contém grandes quantidades (cerca de 78% por volume) de N molecular (N₂), que não estão diretamente disponíveis para os seres vivos assimilarem-no. A obtenção do N atmosférico requer a quebra de uma ligação tripla covalente de excepcional estabilidade entre os dois átomos de N (N=N) para produzir amônia (NH₃) ou nitrato (NO₃⁻). Tais reações, conhecidas como fixação do N₂, podem ser obtidas por processo industrial, utilizando combustíveis fósseis, e natural, através da fixação biológica (Taiz & Zeiger, 2004).

O processo natural de fixação de N ocorre através de uma simbiose entre plantas-bactérias, podendo o SSD se beneficiar diretamente, utilizando a rotação de culturas e/ou de plantas de cobertura (adubos verdes). Segundo Calegari (2003), é possível economizar o equivalente a 90 kg de N ha⁻¹, quando do uso de leguminosas como plantas de cobertura no SSD. Isso significa menor uso de combustíveis fósseis para fabricação de fertilizantes nitrogenados e

conseqüentemente menores emissões de gases de efeito estufa. Já Collier et al. (2011), em Gurupi/TO, utilizaram parcelamento de N em cobertura na cultura do milho e verificaram que, quando houve apenas presença de cobertura morta de sorgo e crotalária, foi possível otimizar a adubação nitrogenada de cobertura, já que a quantidade de grãos de milho produzida apenas sobre a cobertura morta dessas duas espécies (5.114 kg ha⁻¹) foi cerca de 70% da quantidade produzida utilizando-se 150 kg ha⁻¹ de N além da cobertura morta, ficando claro que boa parte do fertilizante nitrogenado aplicado poderia ser substituído pelo fornecimento de N via adubação verde.

Em conjunto ao ponto de vista ambiental está o econômico, pois nem sempre a dose de N correspondente à maior produtividade de grãos em SSD é a mais rentável. Binotti et al. (2009) verificaram que para se ter as maiores margens brutas de ganho com a venda de grãos de feijão cultivado em SSD, seria necessário aplicação de doses menores de ureia (50 kg ha⁻¹) quando comparado a aplicação de elevadas doses de N (150 e 200 kg ha⁻¹), as quais tiveram as menores margens brutas de ganho.

Em geral, espécies leguminosas são mais eficientes em fixar N ao solo, mas espécies gramíneas podem atuar de forma indireta nesse processo. Segundo (Silva & Mielniczuk, 1997), espécies gramíneas com características perenes possuem alta densidade de raiz, renovações periódicas do sistema radicular e uniforme distribuição dos exsudatos no solo, sendo estes, compostos orgânicos de fácil degradação, utilizados como fonte de energia, resultando no estímulo à atividade microbiana (Freixo et al., 2002), permitindo que estirpes de rizóbios nativos presentes no solo realizem a fixação biológica de N₂ atmosférico.

Além do N, outros nutrientes são liberados com a decomposição da cobertura morta. Torres & Pereira (2008), na implantação do SSD, verificaram maior potencial de acúmulo de potássio (K) pelas gramíneas, sendo que houve liberação de 55% do K acumulado pela cobertura morta de *B. brizantha* nos primeiros 42 dias após dessecação. Resultados obtidos em Piracanjuba (GO), mostraram que uma pastagem de *B. brizantha* que deixe seis toneladas de biomassa seca disponível sobre

o solo, pode reciclar aproximadamente 72, 15, 159, 14 e 15 kg ha⁻¹ de N, fósforo (P), K, cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e 220, 17, 1.150 e 4.442 g ha⁻¹ de zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn) e ferro (Fe), respectivamente (Magalhães et al., 2002).

Essa disponibilidade se dá na maior parte na superfície do solo, aumentando a probabilidade dos nutrientes serem carregados pela enxurrada, em comparação ao SSC, já que a água de escoamento superficial e as partículas de solo terão maior concentração (Oliveira et al., 2012). Porém, como o SSC proporciona maiores perdas de água pela enxurrada e de partículas de solo, a totalidade de nutrientes e MO retirados da área é maior nesse sistema.

Segundo Hernani et al. (1999) em trabalho realizado em Dourados/MS por seis anos, as maiores perdas de Ca foram verificadas no SSC, utilizando aração com discos + duas gradagens niveladoras (19,2 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e gradagens pesada + niveladora (15,5 kg ha⁻¹ ano⁻¹), enquanto as menores ocorreram com o SSD (3,1 kg ha⁻¹ ano⁻¹). No mesmo trabalho, o tratamento com gradagens perdeu cerca de 6,5 vezes mais K, 6,0 vezes mais P e MO e 4,0 vezes mais Mg. Se considerado que as parcelas cultivadas com a sucessão soja/trigo receberam, em média, anualmente 87,0 kg ha⁻¹ de K, perdas por erosão do fertilizante aplicado foram de 10,5%, enquanto o SSD apenas cerca de 1,6% anualmente.

Menor consumo de água e energia elétrica

Sendo considerado o recurso mais estratégico para o final da próxima década, a água terá papel chave no desenvolvimento econômico das nações, principalmente na área agropecuária (Varghese, 2007).

Porém, com a promulgação da Lei 9.433/97, que trata da Política Nacional de Recursos Hídricos e as correspondentes leis estaduais, a captação de água, derivação e construção de barragens em corpos d'água, bem como a abertura de poços profundos, estão sujeitas à solicitação do pedido de outorga, conferindo o direito de uso após análise da demanda apresentada pelo interessado e da disponibilidade ou oferta de água existente em um corpo de água, observando os demais usos existentes somados à vazão necessária para manutenção da vida aquática e para diluição dos efluentes (SEMA, 2013).

Deve-se levar em conta que mesmo sem haver o revolvimento do solo no SSD, se faz necessário a presença de cobertura morta sobre a superfície do solo, pois irá atuar como agente isolante quanto à evaporação da água, impedindo incidência direta de raios solares e oscilações bruscas da temperatura do solo, permitindo melhor aproveitamento da umidade (Silva et al., 2006a). Isso fica evidente com o aumento da cobertura do solo de 30% para 80%, onde a temperatura da superfície é reduzida em até 4° C e com cobertura morta preenchendo aproximadamente 70% da superfície do solo, a evaporação do solo reduz para cerca de 25%, podendo gerar economia de até 30% na quantidade de água aplicada em algumas áreas quando ocorrem déficit hídricos (Silva et al., 2006b).

Além disso, estudos de Braida et al. (2008) demonstraram que a adição de cobertura morta à superfície do solo ajuda no amortecimento da tensão gerada pelo tráfego, diminuindo as chances de ocorrer compactação do solo, o que poderia levar a redução da quantidade de água disponível para as plantas devido a redução dos macroporos e microporos.

Com a quebra da continuidade do fluxo de água, ocorre umidade mais elevada do solo e tensão da água em níveis menores do que o observado no SSC. Essas diferenças podem reduzir em até 20% a demanda total de água para o feijoeiro cultivado em Goiânia/GO, onde foram aplicados 260,3 mm durante o ciclo em SSD, enquanto que no SSC, a utilizada aplicada foi de 325,4 mm (Nascimento et al., 2001).

Redução do uso de combustíveis e defensivos agrícolas

Durante o processo de transição entre o SSC e SSD, o investimento realizado nesse sistema ainda poderá superar aqueles realizados pelo SSC, podendo ser relatada através das dificuldades que ocorreram com a implementação desse sistema durante a década de 90.

Até o final da década de 80, o SSD já era conhecido, mas praticamente inviável economicamente em região de Cerrado (Cunha, 1997), já que os custos com seu manejo para o cultivo da soja eram aproximadamente 6% superiores ao do SSC.

Ao longo da década de 90, houve uma melhoria significativa na eficiência econômica do SSD em relação ao SSC, equilibrando os custos de produção entre eles (Rodrigues, 1999).

Entretanto, após alguns anos utilizando-se da técnica do SSD, cerca de nove anos segundo Pereira Neto et al. (2007), o sistema passa do *status* de “em consolidação” para “consolidado”, ou seja, considera-se que está estabilizado, evidenciando, em seu ponto máximo, as vantagens que o sistema fornece.

Isso fica claro a partir de trabalhos realizados após os anos 2000. Rodrigues (2005) avaliou a valoração econômica dos impactos ambientais de diferentes tecnologias de semeadura em região de Cerrado e constatou que a adoção do SSD no cultivo da soja eleva o custo de produção em 0,47%, mas reduziu em 81,22% o custo ambiental. Para cultivo do milho, o autor verificou que o custo de produção foi 5,92% menor do que o custo relativo à SSC, reduzindo 29,43% o custo ambiental. Já Rodrigues & Barbosa (2009) citam em estudo realizado em Pedro Afonso/TO, que o custo com aumento da quantidade de fertilizante aplicado para reposição de nutrientes perdidos, pelos produtores que utilizam o SSC, ficou em R\$ 4,58 ha⁻¹. No entanto, o custo de reposição de nutrientes, utilizando o SSD, ficou em R\$ 0,12 ha⁻¹.

Reduções das operações de trabalho e aplicações de defensivos agrícolas, com o uso do SSD, também contribuem para essa economia, tanto financeira quanto ambiental. Segundo Fernandes et al. (2008), o custo energético gasto para a semeadura do milho no SSD é inferior quando comparado ao SSC. Em números, quando incluído diversos fatores no cálculo (dentre eles o combustível diretamente gasto e a energia correspondente a lubrificantes/filtros e reparações/manutenções), o SSD teve um custo energético de 52,72% daquele verificado pelo SSC, possibilitando economizar 1.216 MJ ha⁻¹, equivalente a 25,45 L de óleo diesel para cada hectare trabalhado.

Por outro lado, através do não revolvimento do solo e do emprego de plantas de cobertura, é possível reduzir consideravelmente o uso de herbicidas, tanto pelo efeito físico quanto alelopático da cobertura morta, principalmente em áreas onde o nível de infestação é baixo (Donald et al., 2001; Paes & Rezende, 2001).

Efeito da competição por espaço entre plantas daninhas e espécies destinadas a cobertura morta foi comprovada por Meschede et

al. (2007). Os autores avaliaram sete tipos de cobertura morta (milheto ADR500, milheto ADR 300, sorgo, milho, crotalária, mamona e vegetação espontânea) mais a testemunha mantida no limpo (capinada) em região de Cerrado, no município de Cáceres/MT. O resultado da supressão de plantas daninhas difere significativamente conforme o tipo de cobertura morta utilizada, já que o sorgo apresentou maior peso de matéria seca (11.890 kg ha⁻¹) e, juntamente com o milheto e a crotalária, demonstrou maior capacidade de supressão das plantas daninhas e de luminosidade, pela maior capacidade de cobertura do solo, o que não ocorreu no tratamento utilizando vegetação espontânea, milho e a mamona devido menor potencial de cobertura do solo.

Segundo Monquero et al. (2009), a atividade alelopática da cobertura morta sobre as plantas daninhas depende diretamente da qualidade e da quantidade do material vegetal depositado na superfície, do tipo de solo, da população microbiana, das condições climáticas e da composição de espécies da comunidade de plantas daninhas de forma específica.

Souza Filho et al. (2005) estudaram a atividade alelopática de substâncias químicas produzidas pela gramínea forrageira *Brachiaria humidicola*, sobre a germinação e o desenvolvimento da radícula das invasoras mata-pasto (*Senna obtusifolia*), malícia (*Mimosa pudica* L.) e fedegoso (*Senna occidentalis*), sendo que esses dois últimos se mostraram mais sensíveis aos efeitos alelopáticos produzidos por *B. humidicola*.

Em relação a insetos-pragas, Silva & Carvalho (2000) realizaram coletas de insetos em áreas cultivadas com milho utilizando o SSD e concluíram que esse sistema de cultivo favorece o desenvolvimento da fauna de solo e beneficia o surgimento dos inimigos naturais de pragas, conseqüentemente diminuindo a necessidade de aplicação de defensivos agrícolas, estando o processo produtivo em sintonia com a proteção ambiental e favorecendo o restabelecimento do equilíbrio entre as populações.

CONCLUSÃO

Diante das informações, é possível promover uma agricultura com eficiência econômica e com menor impacto ambiental.

Por não se tratar de uma receita ou pacote tecnológico pronto, cabe aos profissionais da agricultura o correto manejo do SSD, privilegiando aquele que seja eficiente, rentável economicamente e ambientalmente sustentável, levando em consideração a realidade de cada propriedade rural e seu nível tecnológico.

Ambientalmente, o SSD mostra-se superior ao SSC, principalmente na questão da redução do processo erosivo do solo, das perdas de nutrientes e MO, do uso de fertilizantes minerais, do consumo de água e energia elétrica e do uso de combustíveis e defensivos agrícolas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, J.; CARNEIRO, G.E.S.; SILVA, J.G.; DEL PELOSO, M.J. Bean production and white mould incidence under no-till system. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, East Lansing, v.43, p.150-151, 2000.
- ALVARENGA, R.C; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura do solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.25-36, 2001.
- AMADO, T.J.C.; ELTZ, F.L.F. Plantio direto na palha – rumo a sustentabilidade agrícola nos trópicos. **Revista Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v.27, p.49-66. 2003.
- AMARAL, A.J.; BERTOL, I.; COGO, N.P.; BARBOSA, F.T. Redução da erosão hídrica em três sistemas de manejo do solo em um Cambissolo húmico da região do planalto Sul-Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.5, p.2145-2155, 2008.
- ARANTES, S.A.C.M.; LIMA, J.M.; LIMA, L.A.; JESUS, É.A.; JULIÃO, L.G.F.; ARANTES, K.R. Influência do sistema de manejo na retenção e mobilidade da atrazina em amostras de solos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, n.1, p.167-173, 2012.
- BAGATINI, T.; COGO, N.P.; GILLES, L.; PORTELA, J.C.; PORTZ, G.; QUEIROZ, H.T. Perdas de solo e água por erosão hídrica após mudança no tipo de uso da terra, em dois métodos de preparo do solo e dois tipos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.3, p.999-1011, 2011.
- BALBINOT JÚNIOR, A.A.; MORAES, A.; BACKES, R.L. Efeito de coberturas de inverno e sua época de manejo sobre a infestação de plantas daninhas na cultura de milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v.25, n.3, p.473-480, 2007.
- BALBINOT JÚNIOR, A.A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, p.1925-1933, 2009.
- BARRETO, R.C.; MADARI, B.E.; MADDOCK, J.E.L.; MACHADO, P.L.O.A.; TORRES, E.; FRANCHINI, J.C.; COSTA, A.R. The impact of soil management on aggregation, carbon stabilization, and carbon loss as CO₂ in the surface layer of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.132, n.3-4, p.243-251, 2009.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.86, n.2, p.237-245, 2006.
- BERTOL, I.; COGO, N.P.; SCHICK, J.; GUDAGNIN, J.C.; AMARAL, A. J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.1, p.133-142, 2007.
- BEUTLER, J.F.; BERTOL, I.; VEIGA, M.; WILDNER, L.P. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.3, p.509-517, 2003.
- BINOTTI, F.F.S.; ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, A.C.; KAMIMURA, K.M. Fontes, doses e modo de aplicação de N em feijoeiro no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.473-481, 2009.
- BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; SEQUINATTO, L. Elasticidade do solo em função da umidade e do teor de carbono

- orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.2, p.477-485, 2008.
- BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; REINERT, D.J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.4, p.605-614, 2006.
- CALEGARI, A. Crop rotation and cover crop on no-tillage. In: WORLD CONGRESS ON CONSERVATION AGRICULTURE, 2., 2003, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: FEBRAPDP/FAO/CAAPAS/CIRAD, 2003. v.1. p.114-117.
- CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A.G.; LLANILLO, R.F. **Sistema plantio direto no Sul do Brasil**: Fatores que promoveram a evolução do sistema e desenvolvimento de máquinas agrícolas. FAO/IAPAR. Londrina, 2008. 100p.
- CASTRO FILHO, C.; HENKLAIN, J.C.; VIEIRA, M.J.; CASÃO JUNIOR, R. Tillage methods and soil and water conservation in Southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.20, p.271-283, 1991.
- COLLIER, L.S.; KIKUCHI, F.Y.; BENÍCIO L.P.F.; SOUSA, S.A.; SOUZA, D.J.A.T.; MARANHÃO, D.D.C. Plantas de cobertura e parcelamento da adubação nitrogenada na produtividade do milho. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.9, n.1, p.109-119, 2011.
- CORREIA, F.V.; MERCANTE, F.M.; FABRÍCIO, A.C.; CAMPOS, T.M.P.; VARGAS JÚNIOR, E.A.; LANGENBACH, T. Infiltração de atrazina em Latossolo submetido aos sistemas de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.11, p.1617-1625, 2007.
- CRUZ, A.C.R.; PAULETTO, E.A.; FLORES, C.A. SILVA, J.B. Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.6, p.1105-1112, 2003.
- CUNHA, G. **Plantio direto**. 39ed. São Paulo: Saraiva, 1997. 28p.
- CURY, B. **Porque fazer Plantio Direto**. Guia para Plantio Direto. Ponta Grossa: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2000, 109p.
- DICK, D.P.; MARTINAZZO, R.; KNICKER, H.; ALMEIDA, P.S.G. Matéria orgânica em quatro tipos de solos brasileiros: composição química e sorção de atrazina. **Química Nova**, São Paulo, v.33, n.1, p.14-19, 2010.
- DONALD, W.W.; KITCHEN, N.R.; SUDDUTH, K.A. Between-row mowing + banded herbicide to control annual weeds and reduce herbicide use in no-till soybean (*Glycine max*) and corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, New York, v.15, n.3, p.576-584, 2001.
- FARINELLI, R.; FORNASIERI FILHO, D.; BORDIN, L.; PENARIOL, F.G.; VOLPE, C.A. Efeitos de geada no desenvolvimento do feijoeiro em sucessão a espécies vegetais e adubação nitrogenada. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.1, p.249-252, 2010.
- FERNANDES, H.C.; SILVEIRA, J.C.M.; RINALDI, P.C.N. Avaliação do custo energético de diferentes operações agrícolas mecanizadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.5, p.1582-1587, 2008.
- FIORENTIN, C.F.; LEMOS, L.B.; JARDIM, C.A.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro de inverno-primavera em três sistemas de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.6, suplemento 1, p.2825-2836, 2012.
- FIORENTIN, C.F.; LEMOS, L.B.; JARDIM, C.A.; FORNASIERI FILHO, D. Formação e manutenção de palhada de gramíneas concomitante à influência da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro irrigado em sistema de semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.4, p.917-924, 2011.
- FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 576p.
- FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, C.A.; FADIGAS, F.S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.2, p.425-434, 2002.
- HAMMES, V.S. Erosão: um indicador de impacto ambiental. In: HAMMES, V.S. (eds.). **Julgat, percepção do impacto ambiental**. Brasília: Embrapa, v.4, p.77-81, 2012.

- HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H.; SILVA, W.M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.145-154, 1999.
- HUGGINS, D.R., REGANOLD, J.P. Plantio direto, uma revolução na preservação. **Scientific American Brasil**. São Paulo, v.75, p.70-77, 2008.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: the physical science basis: Summary for Policymaker**. Geneva: IPCC, 2007. 21p.
- LAL, R. Challenges and opportunities in soil organic matter research. **European Journal of Soil Science**, Malden, v.60, n.2, p.158-169, 2009.
- LOPES, A.S.; WIETHOLTER, S.; GUILHERME, L.R.G.; SILVA, C.A.S. **Sistema plantio direto: Bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo, ANDA, 2004. 110p.
- MAGALHÃES, R.T.; OLIVEIRA, I.P.; KLIEMANN, H.J. Relações da produção de massa seca e as quantidades de nutrientes exportados por *Brachiaria brizantha* em solos sob o manejo pelo sistema "Barreirão". **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.32, n.1, p.13-20, 2002.
- MESCHEDE, D.K.; FERREIRA, A.B.; RIBEIRO JUNIOR, C.C. Avaliação de diferentes coberturas na supressão de plantas daninhas no Cerrado. **Planta daninha**, Viçosa, v.25, n.3, p.465-471, 2007.
- MONQUERO, P.A.; AMARAL, L.R.; INÁCIO, E.M.; BRUNHARA, J.P.; BINHA, D.P.; SILVA, P.V.; SILVA, A.C. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta daninha**, Viçosa, v.27, n.1, p.85-95, 2009.
- MOURA, M.A.M.; FRANCO, D.A.S.; MATALLO, M.B. Impacto de Herbicidas sobre os Recursos Hídricos. **Tecnologia e Inovação Agropecuária**, São Paulo, v.1, n.1, p.142-151, 2008.
- NASCIMENTO, J.L.; STONE, L.F.; OLIVEIRA, L.F.C. Demanda total de água do feijoeiro nos sistemas de plantio convencional e direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.31, n.2, p.159-161, 2001.
- NUNES, R.S.; LOPES, A.A.C.; SOUSA, D.M.G.; MENDES, I.C. Sistemas de manejo e os estoques de carbono e nitrogênio em Latossolo de Cerrado com a sucessão soja-milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.4, p.1407-1419, 2011.
- NUNES, U.R.; ANDRADE JÚNIOR, V.C.; SILVA, E.B.; SANTOS, N.F.; COSTA, H.A.O.; FERREIRA, C.A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.6, p.943-948, 2006.
- OLIVEIRA, G.C.; DIAS JUNIOR, M.S.; RESCK, D.V.S.; CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.2, p.327-336, 2004.
- OLIVEIRA, J.G.R.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M.F.; BARBOSA, G.M.C.; TAVARES FILHO, J. Erosão no plantio direto: perda de solo, água e nutrientes. **Boletim de geografia**, Maringá, v.30, n.3, p.91-98, 2012.
- PAES, J.M.V.; REZENDE, A.M. Manejo de plantas daninhas no sistema plantio direto na palha. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.37-42, 2001.
- PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P., T., S.; RODRIGUES, D. B., B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n.5, p.1777-1785, 2011.
- PEREIRA NETO, O.C.; GUIMARAES, M.F.; RALISCH, R.; FONSECA, I.C.B. Análise do tempo de consolidação do sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.5, p.489-496, 2007.
- PETRY, M.T., Zimmermann, F.L.; CARLESSO, R.; MICHELON, C.J.; KUNZ, J.H. Disponibilidade de água do solo ao milho cultivado sob sistemas de semeadura direta e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.3, p.531-539, 2007.
- RODRIGUES, W. Avaliação econômica dos impactos econômicos da produção agrícola

nos Cerrados brasileiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL. 20., 1999. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SOBER, 1999.

RODRIGUES, W. Valoração econômica dos impactos ambientais de tecnologias de plantio em região de Cerrados. **Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.43, n.1, p.135-153, 2005.

RODRIGUES, W.; BARBOSA, G.F. Plantio direto ou plantio convencional? Um estudo sobre a valoração econômica dos impactos ambientais da produção de soja nos Cerrados brasileiros. **Revista de Estudos Sociais**, Cuiabá, v.1, n.21, p.99-112. 2009.

ROMAN, E.E.; BECKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L.; RIZZARDI, M.A.; WOLF, T.M. **Como funcionam os herbicidas da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier, 2007. 160p.

ROSA, J.D.; COOPER, M.; DARBOUX, F.; MEDEIROS, J.C. Processo de formação de crostas superficiais em razão de sistemas de preparo do solo e chuva simulada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, n.2, p.400-410, 2013.

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. **Manual de outorga de direito do uso da água**. 2013, 7p. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/upload/Manual%20de%20Outorga%20de%20%C3%81gua.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2013.

SILVA, A.A.; GALON, L.; FERREIRA, F.A.; TIRONI, S.P.; FERREIRA, E.A.; SILVA, A.F.; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E.L. Sistema de Plantio Direto na Palhada e seu impacto na agricultura brasileira, **Revista Ceres**, Viçosa, v.56, n.4, p.496-506, 2009b.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, n.1, p.113-117, 1997.

SILVA, L.S.; CAMARGO, F.A.; CERETTA, C.A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E.J. (Eds). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Evangraf, 2006b, 285p.

SILVA, P.C.G.; FOLONI, J.S.S.; FABRIS, L.B.; TIRITAN, C.S. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.11, p.1504-1512, 2009a.

SILVA, R.A.; CARVALHO, G.S. Ocorrência de insetos na cultura do milho em sistema de plantio direto, coletados com armadilhas-de-solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.2, p.199-203, 2000.

SILVA, V.R.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Variação na temperatura do solo em três sistemas de manejo na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.3, p.391-399, 2006a.

SOUZA FILHO, A.P.S.; PEREIRA, A.A.G.; BAYMA, J.C. Aleloquímico produzido pela gramínea forrageira *Brachiaria humidicola*. **Planta Daninha**, Viçosa, v.23, n.1, p.25-32, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, p.285-307, 2004.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.4, p.1609-1618, 2008.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; FABIAN, A.J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.421-428, 2008.

VARGHESE, S. **Biofuels and Global Water Challenges**. Minneapolis: IATP, 2007.

