

Sistema de Plantio direto: conservação e manutenção da capacidade produtiva dos solos do Cerrado Goiano

No-tillage system: conservation and maintenance of the production capacity of the soils of the Goiano Savannah

Ricardo Aparecido Santos

Universidade Estadual de Goiás (UEG)
ricardoaparecido35@yahoo.com.br

Sandra Máscimo da Costa e Silva

Universidade Estadual de Goiás (UEG)
sandramascimo@hotmail.com

Vandervilson Alves Carneiro

Universidade Estadual de Goiás (UEG)
vandervilson.carneiro@ueg.br

André Luiz Ribas de Oliveira

Universidade Estadual de Goiás (UEG)
andre_luiz_ueg@yahoo.com.br

Alzirene de Vasconcelos Milhomem

Universidade Estadual de Goiás (UEG)
alzirene.milhomem@ueg.br

Resumo

Sendo reconhecido como um grande pacote tecnológico o plantio direto é uma das formas diferenciadas de manejo do solo, onde visa diminuir os impactos da agricultura e de máquinas agrícolas, promovendo a conservação do solo. Desta forma, estudos relacionados ao sistema de plantio direto (SPD) tem merecido cada vez mais atenção, devido ao potencial de contribuição para o esclarecimento de questões conservacionistas. Neste contexto, o trabalho objetivou realizar um levantamento bibliográfico sobre o uso do sistema de plantio direto como medida mitigatória dos problemas qualitativos dos solos do Cerrado brasileiro. Considerando que o plantio direto é de uma importante opção de manejo do solo, pois é uma técnica conservacionista que visa manutenção vegetal e seus demais resíduos sobre o solo, trazendo assim uma grande eficiência estratégica no que se refere à sustentabilidade para os sistemas agrícolas. O aporte tecnológico disponível atualmente permite a adaptação do sistema de plantio direto nas mais variadas condições de clima, solo e espécies cultivadas. Ao longo de décadas de pesquisas, os ganhos ambientais com uso da técnica estão comprovados, permitindo afirmar que, o plantio direto constitui numa das mais eficientes práticas conservacionistas em áreas de cultivos.

Palavras-chave: Sustentabilidade agrícola. Manejo do solo. Qualidade do solo.

Abstract

Being recognized as a great technological package, no-tillage is one of the differentiated forms of soil management, where it aims to reduce the impacts of agriculture and agricultural machinery, promoting soil conservation. In this way, studies related to the no-tillage system (SPD) have deserved more and more attention, due to the potential contribution to the clarification of conservationist issues. In this context, the objective of this work was to carry out a bibliographical survey on the use of no-tillage system as a mitigating measure of the qualitative problems of Brazilian Cerrado soils. Considering that no-tillage is an important land management option, it is a conservationist technique that aims to maintain plant and other residues on the soil, thus bringing a great strategic efficiency with regard to sustainability for agricultural systems. The currently available technological support allows the adaptation of the no-tillage system in the most varied climatic conditions, soil and cultivated species. Throughout decades of research, the environmental gains with the use of the technique are proven, allowing to affirm that, no-tillage constitutes one of the most efficient conservationist practices in crop areas.

Keywords: Agricultural sustainability. Soil management. Soil quality.

INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto (SPD) é considerado um dos grandes avanços no sistema de produção brasileiro. Essa ferramenta conservacionista tem sido cada vez mais utilizada, com benefícios aos atributos de qualidade do solo. No ano agrícola 2013/2014, a área com plantio direto no Brasil representou 32 milhões de hectares (FEBRAPDP, 2014).

O plantio direto é uma prática agrícola bastante apropriada às condições de solo brasileiro e vem sendo apontado como uma técnica agrícola sustentável, principalmente nas regiões tropicais. Tem representado o melhor caminho para a diminuição dos custos de produção e aumento da sustentabilidade da produtividade agropecuária, sendo adaptado a todos os tamanhos e tipos de exploração (EMBRAPA, 2014).

Por definição, o sistema de plantio direto consiste numa técnica de manejo do solo no qual as sementes e fertilizantes são depositados em um sulco estreito, sem a preparação prévia do solo. É um manejo conservacionista do solo eficiente na otimização dos recursos naturais disponíveis, que contribui para minimizar os impactos do cultivo sobre o ambiente pela redução da erosão do solo e da lixiviação, além de contribuir com o sequestro do carbono no solo (SILVA et al., 2009).

O SPD aumenta a eficiência energética do sistema de produção (RUSU, 2014), e o não revolvimento do solo, preconizado por este manejo, promove maior conservação de

nitrogênio, potássio e carbono no sistema solo-planta (VILLAMIL e NAFZIGER, 2015). Em regiões de clima tropical, como é o caso do Cerrado brasileiro, o sistema plantio direto é importante para a conservação e manutenção da capacidade produtiva dos solos (MARCHÃO et al., 2007).

Um dos requisitos para garantir a eficiência deste sistema é a adequada cobertura do solo por espécies formadoras de palha (CALVO et al., 2010), as quais devem ter elevada produção de biomassa e grande persistência sobre o solo (KLIEMANN et al., 2006), para que possam propiciar efetiva proteção contra processos erosivos, favorecer maior retenção de umidade em condições de déficit hídrico e disponibilizar nutrientes às culturas sucessoras por meio da ciclagem de nutrientes (PARIZ et al., 2011).

Calegari (2010) recomenda manter os solos agrícolas cobertos, se possível, durante todo o ano. Ressalta ainda a importância da cobertura do solo com palha, para manter as temperaturas baixas, evitar perdas de água por evaporação e evitar o estresse nas plantas. Pontua que a zona da raiz que está em um solo com temperaturas acima de 32 – 33°C não tem capacidade de absorver água e nutrientes e, considerando-se que 85 a 90% da absorção de água e nutrientes nas culturas anuais é feita nos primeiros 20 cm do solo, é fundamental formar cobertura do solo com palha. Optar por sistemas conservacionistas, que têm como princípio a manutenção de cobertura vegetal e seus resíduos sobre o solo, tem-se destacado como estratégia eficaz quando se refere à sustentabilidade dos sistemas agrícolas nas regiões tropicais e subtropicais (CAIRES et al., 2006).

Assim, o objetivo do presente trabalho foi o de realizar um levantamento bibliográfico sobre o uso do sistema de plantio direto como medida mitigatória dos problemas qualitativos dos solos do Cerrado brasileiro.

PRINCIPAIS SISTEMAS DE MANEJO E PREPARO DO SOLO NO CERRADO

Sistema convencional

O preparo convencional do solo pode ser definido como o revolvimento de camadas superficiais para reduzir a compactação, incorporar corretivos e fertilizantes, aumentar os espaços porosos e, com isso, elevar a permeabilidade e o armazenamento de ar e água (SANTIAGO e ROSSETTO, 2007). O revolvimento do solo promove o corte e o enterrio das plantas daninhas e auxilia no controle de pragas e patógenos do solo e, além disso, esse

processo facilita o crescimento das raízes das plantas. É realizado, basicamente, com aração e gradagens, cujo arado efetua o corte, elevação, inversão e queda, com um efeito de esboroamento de fatias de solo denominadas de leivas. A grade complementa esse trabalho, diminuindo o tamanho dos torrões na superfície, além de nivelar o terreno. Entretanto, tal prática pode acarretar sérios problemas com o passar dos anos (GABRIEL FILHO et al., 2000).

Ao revolver o solo, ocorre alteração da agregação, dispersando as argilas, que retém a maior parte dos nutrientes necessários às plantas, facilitando o seu arraste pela ação da chuva e do vento, causando erosão (WÜRSCHÉ e DENARDIN, 1980). Conforme estes autores, com a inversão das leivas, enterram-se a cobertura vegetal deixando a superfície do solo exposta aos agentes da erosão e, também, à maior evaporação da água armazenada no solo. Deve-se lembrar que a erosão pode aumentar com o uso excessivo de equipamentos de preparo do solo, sendo que esse incremento será maior se o solo permanecer descoberto no período de maior intensidade de chuva (HERNANI SALTON, 1997).

Segundo Panachuki et al. (2011), áreas com preparo convencional do solo e desprovidas de cobertura vegetal em superfície são mais suscetíveis à erosão hídrica, pois, este sistema favorece a formação do selamento superficial, caracterizado por uma fina camada de solo que se torna compactada pelo impacto direto da gota de chuva sobre o solo.

Cultivo mínimo

Segundo Embrapa (2005), o cultivo mínimo consiste no revolvimento mínimo do solo e na manutenção dos resíduos vegetais, realizando-se escarificações e gradagens leves. Dentre as vantagens de se implantar o cultivo mínimo, Amaral Sobrinho e Mazur (2005) citam a redução da erosão, a contenção da degradação do solo e a melhoria da produtividade das culturas. Além dessas vantagens relatam a redução do uso de máquinas em relação ao sistema de preparo do solo convencional, assim como o controle de plantas daninhas, como a tiririca (*Cyperus rotundus*) e a grama-seda (*Cynodondactylon*). Porém esses autores afirmam que algumas plantas daninhas são favorecidas pelo novo sistema de cultivo, a exemplo da corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*).

Este tipo de preparo do solo é indicado para locais onde não se verifica forte compactação, problemas com barreiras químicas, que necessitariam de calagem e gessagem, ou a existência de pragas de solo. A subsolagem com hastes a 40 centímetros de profundidade

é eficaz para romper a compactação, sobretudo onde a situação não é tão crítica. Seria indicada, também, para áreas mais declivosas, nas quais os problemas de erosão são mais críticos.

Sistema de plantio direto

O sistema de plantio direto (SPD) é a forma de manejo conservacionista que envolve um conjunto de técnicas integradas que visam aperfeiçoar a expressão do potencial genético de produção das culturas com simultânea melhoria das condições ambientais (EMBRAPA, 2006). É um sistema de produção que imita o que natureza vem fazendo nas florestas a milhões de anos, ou seja plantar as sementes diretamente no solo sem revolvê-lo, deixando totalmente coberto por uma camada de folhas e com uma diversidade de plantas e seus sistemas radiculares.

No SPD há uma redução da perda de solo, água e nutrientes por erosão devido à manutenção da agregação do solo, da cobertura vegetal e de restos culturais na superfície. Por isso o SPD é a alternativa para a sustentabilidade dos recursos naturais e utilização agrícola do solo, em contraponto ao modelo usual de exploração agrícola da região, baseado na pecuária extensiva e nas monoculturas intensivas que revolvem o solo com práticas de aração e gradagens (EMBRAPA, 2006).

Existe uma diferença grande entre o plantio direto e o sistema de plantio direto; o primeiro é a semeadura de culturas sem preparo do solo e com a presença de cobertura morta ou palha, constituída dos restos vegetais originados de cultura anterior conduzida especificamente para produzir palha e, às vezes, também para grãos. Geralmente o plantio direto é aplicado no cultivo de sucessões simples, tais como: soja/milheto, soja/milho-safrinha, soja/trigo, soja/aveia-preta etc., por vários anos seguidos, não se utilizando, portanto, um sistema organizado de rotação de culturas. Normalmente, são usados implementos de discos para incorporar superficialmente as sementes da espécie cultivada para formar a palha e incorporar os corretivos, e implementos de hastes para romper camadas compactadas (SALTON et al., 1998).

A denominação mantém o termo “plantio” por este já fazer parte da cultura geral. A palavra sistema visa enfatizar o conjunto de técnicas interdependentes que induzem à melhoria do ambiente como um todo, inclusive à qualidade de vida do homem. Fazem parte, também, dessas técnicas, todas as de caráter sócio-econômico, que permitem a

sustentabilidade da atividade agrícola (ALTMAN, 2010).

Com a introdução da Soja RoundupReady e a queda do preço de herbicidas, associadas à economia de mão de obra, de hora máquina, de combustível, de calcário e de fertilizante, contribuíram expressivamente para a redução do custo de produção da lavoura sob plantio direto, tornando-se fatores de relevante contribuição motivacional à adoção (DENARDIN et al., 2008). Entretanto, o aumento de rendimento das espécies cultivadas, conjugado ao menor custo de produção, pode ser apontado como fator decisivo.

EFEITOS DO SISTEMA DO PLANTIO DIRETO NAS PROPRIEDADES DO SOLO

A relação entre o manejo e a qualidade do solo pode ser avaliada pelo seu efeito nas propriedades químicas e biológicas deste (DORAN e PARKIN, 1994). O manejo do solo se constitui de práticas indispensáveis ao bom desenvolvimento das culturas e compreende um conjunto de técnicas que, utilizadas racionalmente, contribuem para alcançar altas produtividades, mas, se mal utilizadas, podem levar à redução da capacidade produtiva dos solos em curto prazo (MEDEIROS et al., 2001).

Propriedades físico-hídricas

As propriedades físicas do solo são interdependentes. Com isto, a modificação de uma delas normalmente leva à modificação de todas as demais. Segundo Brady (1983), qualquer fator que exerça influência sobre o tamanho e a configuração dos poros do solo, exercerá também influência sobre a condutividade hidráulica, sendo os macroporos responsáveis pela maior parte da movimentação saturada da água no solo. Silva & Kato (1997) observaram que a macroporosidade e a condutividade hidráulica saturada foi significativamente superior no Cerrado em comparação ao plantio direto e ao convencional. Esses resultados indicam que pequenas alterações na macroporosidade do solo podem gerar grandes reduções na condutividade hidráulica. No mesmo trabalho os autores observaram valores elevados de macroporosidade correlacionados positivamente com a condutividade hidráulica e negativamente com a densidade do solo

No sistema plantio direto em geral, os solos apresentam, na camada superficial, após três a quatro anos, maiores valores de densidade e microporosidade, e menores valores de macroporosidade e porosidade total, quando comparados com o preparo convencional,

decorrente, sobretudo, do arrançamento natural do solo, quando não é mobilizado, e da pressão provocada pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas, em particular quando realizado em solos argilosos e com teores elevados de umidade (CASTRO et al., 2009). Segundo FERREIRA et al., (2012) o SPD aumenta a matéria orgânica do solo (MOS) que participa em diversos processos biológicos, químicos e físicos do solo, determinantes do seu potencial produtivo.

A maioria dos trabalhos publicados, e relacionados à influência de sistemas de preparo sobre características físicas do solo, tem apontado para uma compactação na camada superficial em áreas manejadas com o sistema de plantio direto como citado em Silva et al. (2008), Stone e Silveira (2001), Beutler et al. (2001), Bertol et al. (2001), Guimarães (2000), Gómez et al. (1999), Cavalieri et al. (2006), Sobrinho et al. (2003), dentre outros. Esse aumento da densidade na camada superficial tem sido associado a trânsito de máquinas agrícolas e ao não revolvimento do solo no sistema plantio direto (Lima et al., 2006).

Costa et al. (2003) compararam o efeito prolongado, após 21 anos, do uso do plantio direto como convencional de arado de disco em Latossolo Bruno, em Guarapuava – PR. Esses autores, ao contrário das outras referências citadas, verificaram que o plantio direto proporcionou uma redução de 9% na densidade do solo em subsuperfície (0,1 a 0,2 m de profundidade) em relação ao plantio convencional

Oliveira et al. (2003) observaram que a densidade do solo sob plantio direto pode diminuir com o passar dos anos, devido ao aumento da matéria orgânica na camada superficial, podendo melhorar inclusive a estrutura do solo. Segundo esses autores, a rotação de culturas, pela inclusão de espécies com sistema radicular agressivo e pelos aportes diferenciados de matéria seca, também pode melhorar os atributos físicos do solo e a intensidade da melhoria dependendo período de cultivo, do número de cultivos por ano e das espécies cultivadas.

Negreiros Neto et al. (2014) estudando a densidade do solo em sistema plantio direto em áreas do cerrado tocantinense obtiveram o valor de $2,47 \text{ g cm}^{-3}$ que é um valor elevado se comparado a outros trabalhos em condições de plantio direto em regiões do cerrado. Sendo que estes autores atribuíram esses resultados ao adensamento natural devido à ausência de revolvimento do solo e também pela compactação provocada pelo tráfego de máquinas no SPD. Moraes et al. (2014) e López-Garrido et al. (2014) também observaram em seus estudos maiores densidades do solo do sistema plantio direto em relação ao preparo de solo convencional. No SPD é comum verificar um aumento na densidade do solo, porém este

adensamento é contrabalançado pelo aumento do teor de matéria orgânica, da atividade biológica e da agregação, resultando inclusive em melhores condições físicas do solo do que as anteriores (AMADO et al., 2006).

De acordo com Souza et al. (2005), o aumento excessivo da densidade do solo acarreta diminuição do volume total de poros, redução da permeabilidade e da infiltração de água, quebra dos agregados e aumento da resistência mecânica à penetração, o que ocasiona prejuízo à qualidade física do solo. LIMA et al. (2010) lembram que a resistência à penetração descreve a resistência física que o solo submete as raízes em crescimento; portanto, tendo grande influência sobre a produtividade nas culturas, uma vez que, a produtividade das culturas e o crescimento radicular variam de forma inversamente proporcional ao valor de resistência à penetração (TOIGO et al., 2015).

Um parâmetro que pode ser utilizado como um indicador de compactação é a densidade relativa (DR), obtida através da relação entre a densidade do solo e a densidade máxima do solo obtida em laboratório (KLEIN, 2002). Para um Latossolo Roxo, de textura argilosa, o valor de DR em que as condições ao desenvolvimento das plantas são ótimas é de 0,715 (KAY, 2000). CARTER (1990) afirma que, quando a DR supera 0,86 a 0,90 (dependendo da textura do solo), ocorre uma grande redução nos macroporos, afetando o movimento dos fluídos, e estes estariam relacionados com um menor crescimento e rendimento das culturas. FERRERAS et al. (2001) observaram, em SPD, uma DR de 0,87 e, no plantio direto escarificado (PDE), de 0,85, refletindo drasticamente no rendimento da cultura de soja.

A porosidade total refere-se a parte do volume do solo preenchidos pela água e ar, a porcentagem de poros em solos argilosos normalmente variam de 40 a 60%. Sales et al. (2016) atribuíram os maiores valores de porosidade observadas no plantio direto ao efeito proporcionado pelo sistema radicular de culturas antecessoras (milho e braquiária) que após sua morte e decomposição produzem bioporos que contribuem com o aumento da macroporosidade e porosidade total, além de fornecer carbono ao solo.

Em seus estudos Nogueira et al. (2016) observaram que o sistema de plantio direto, de três anos, apresentou menor porosidade total, em relação ao sistema de manejo convencional mas segundo estes autores tal condição, persistirá apenas nos primeiros anos de cultivo, deixando de existir com o passar dos anos, uma vez que a deposição frequente de resíduos orgânicos na superfície do solo proporcionada pelo sistema de plantio direto resultará na

melhoria das características físicas e aumento da porosidade.

As pesquisas no campo mostram que no plantio direto, medem-se teores de umidade do solo mais elevadas e temperaturas mais baixas assim como maior estabilidade de agregados (SIDIRAS e PAVAN, 1986). Ao mesmo tempo, registra-se maior densidades do solo (DERPSCH et al., 1991).

Uma boa qualidade física do solo deve apresentar uma relação entre água retida na capacidade de campo e a porosidade total (CC/PT) de 0,66, para que a atividade microbiana aeróbica seja a máxima possível e promova mineralização dos restos culturais (SKOPP et al., 1990). A elevada relação CC/PT provoca aeração deficiente, quando a umidade atinge a CC, devido à grande proporção de poros ocupados por água, dificultando a atividade microbiana e a respiração radicular das plantas (PORTUGAL et al., 2012).

As diferenças de densidade e na dinâmica porosa entre o solo sob PC e PD, afetam a retenção de água no mesmo (BESCANSA et al., 2006), principalmente pelo efeito sobre o fenômeno da capilaridade. A capilaridade está ligada à afinidade das partículas do solo com a água e depende da geometria porosa do meio (forma, tamanho, orientação e distribuição dos poros), que é afetada pelo sistema de manejo adotado (RASIAH e AYLMOORE, 1998).

Propriedades químicas

No sistema de plantio direto ocorrem aumentos nos teores de carbono (C) e nitrogênio (N) orgânicos, e acúmulo de fósforo (P) na superfície do solo. O maior teor de matéria orgânica e a maior concentração de P podem reduzir a toxicidade do Al para as plantas quando o teor de água disponível no solo não é limitante.

Como a acidez do solo limita a produção agrícola e em plantio direto ocorre estratificação química no perfil do solo, incluindo pH, matéria orgânica e nutrientes, um dos grandes desafios desse sistema é corrigir o perfil do solo de modo a permitir o adequado crescimento radicular. No estabelecimento do plantio direto, a correção da acidez do solo deve ser feita por meio de incorporação do calcário. Depois do sistema já estabelecido, a correção da acidez do solo deve ser realizada por meio da aplicação de calcário na superfície, sem incorporação. A calagem superficial cria uma frente de correção da acidez do solo em profundidade, proporcional à dose e ao tempo. A reaplicação superficial de calcário em solo já corrigido com calagem na superfície pode facilitar a movimentação do calcário em direção ao subsolo e proporcionar melhoria ainda mais acentuada na acidez do perfil do solo (CAIRES, 2014).

O SPD, em comparação com o preparo convencional, tem efeitos positivos sobre as propriedades químicas mais importantes do solo. Sob o SPD, registram-se maiores valores de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e também maiores valores de pH, ao passo que a saturação do alumínio se torna mais baixa (SIDIRAS e PAVAN, 1985). A importância da matéria orgânica nos solos é abrangente. Sua atuação ocorre tanto na melhoria das condições físicas, quanto nas propriedades químicas e físico-químicas, no fornecimento de nutrientes às plantas e na maior capacidade de troca catiônica do solo (CTC), além de proporcionar um ambiente adequado ao estabelecimento e à atividade da microbiota.

Entre as melhorias constatadas na fertilidade do solo com uso de sistemas de manejo que não contemplam revolvimento do solo, destacam-se as alterações químicas em sistemas de plantio direto (SPD). Este sistema é caracterizado pela formação de um ambiente orgânico que favorece a preservação da umidade e da fertilidade do solo, e que facilita a difusão do fósforo (P) na solução do solo e sua absorção pelas plantas (GATIBONI et al., 2007). Além disso, o uso de plantas de cobertura de solo na entressafra pode promover a liberação de ácidos orgânicos solúveis em água, capazes de complexar o alumínio trocável, mobilizar o cálcio e o magnésio (ZAMBROSI et al., 2008) e reter o potássio, evitando sua perda por lixiviação (BOER et al., 2007).

Em áreas nativas de Cerrado cerca de 80% do carbono encontra-se na matéria orgânica do solo (ROSCOE, 2002). Essa constatação sugere que atividades agrícolas que alteram esses estoques podem ter profundos efeitos sobre a ciclagem biogeoquímica no sistema. Muitos estudos têm demonstrado que o plantio direto aumenta os estoques de carbono orgânico do solo em comparação ao preparo convencional, sendo este efeito restrito às camadas superficiais (BAYER et al., 2004).

Propriedades biológicas

O uso de plantas como forma de cobertura, é uma alternativa para aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, devido à capacidade de absorver nutrientes das camadas subsuperficiais do solo e liberandos pela decomposição dos seus resíduos (BERNARDES et al., 2010). Estas podem gerar quantidades de matéria seca (MS) suficientes para manter o solo coberto, aumentar o teor de matéria orgânica e diminuir a evapotranspiração (GIONGO et al., 2011).

A quantidade e a composição da biomassa microbiana do solo (BMS) são influenciadas por diversos fatores como: sistema de cultivo, rotação de culturas e a textura do solo. A rotação de culturas é uma das características essenciais do SPD; o seu uso é recomendado por aumentar a estabilidade dos agregados do solo, além de disponibilizar mais carbono ao solo quando é cultivada uma gramínea ou de fixar nitrogênio atmosférico quando é cultivada uma leguminosa (VENSKE FILHO et al., 2008).

A BMS é um indicador biológico importante por sua capacidade em responder rapidamente às alterações no solo, pela estabilização física dos agregados e por ser a principal fonte de enzimas do solo, tornando-se responsáveis pela maioria da atividade biológica deste sistema (KNUPP e FERREIRA 2011).

O sistema plantio direto (SPD) e os sistemas de integração lavoura-pecuária (SILP) são também alternativas de manejo que conciliam a manutenção e até mesmo a elevação da produtividade, com maior racionalidade dos insumos empregados. O sucesso desses sistemas no Cerrado deve-se ao fato de que a palhada, acumulada pelas plantas de cobertura ou das pastagens, e restos culturais de lavouras comerciais proporcionam um ambiente favorável à recuperação ou à manutenção das propriedades biológicas do solo (MENEZES et al., 2004) e favorecem, também, as comunidades da macrofauna edáfica (MARCHÃO, 2007;).

A presença de cobertura morta no SPD e no SILP estimula a fauna edáfica, as raízes e a microflora do solo, o que permite manter o solo em equilíbrio e permanentemente protegido contra a degradação (LAVELLE e SPAIN, 2001). Da mesma forma, a manutenção de uma cobertura vegetal na superfície do solo impede a perda da diversidade da macrofauna edáfica e favorece a atividade dos organismos engenheiros do ecossistema, entre eles os grupos Oligochaeta, Formicidae e Isoptera (BARROS et al., 2003). A macrofauna tem diferentes efeitos nos processos que condicionam a fertilidade do solo, pela regulação das populações microbianas responsáveis pela humificação e mineralização (LAVELLE et al., 1997) e pela formação de agregados, que podem proteger parte da matéria orgânica do solo de uma mineralização rápida, por meio de sua ação mecânica, como os Oligochaeta, Formicidae e Isoptera (LEE, 1994).

Apesar de ser conhecida a importância da macrofauna edáfica para o equilíbrio e funcionamento dos ecossistemas, poucos estudos têm sido realizados, especialmente no bioma Cerrado, para se avaliar efeitos das práticas de manejo sobre esses organismos. Pouco se sabe quanto ao papel das plantas de cobertura utilizadas como adubo verde ou associadas ao SPD,

sobre a dinâmica das comunidades de invertebrados do solo. Muitos estudos têm destacado os benefícios da utilização da adubação verde, especialmente com espécies leguminosas, na sustentabilidade e manutenção das propriedades do solo, contudo, os mecanismos responsáveis por estes benefícios ainda não são completamente conhecidos. Grande parte dos trabalhos realizados sobre a biologia dos solos do Cerrado foram direcionados à microflora e microfauna e, segundo BLANCHART et al. (2006), em regiões tropicais, a caracterização da atividade biológica e diversidade do solo pode ajudar a compreender a dinâmica da estrutura do solo e o fluxo de nutrientes no sistema solo-planta.

PERDA DE SOLO E ÁGUA NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

A cobertura e o manejo reduzido do solo têm importante papel na redução das perdas de solo por erosão hídrica, porém são relativamente menos eficazes e muito variadas em relação à redução das perdas de água, nutrientes e carbono orgânico (BERTOL et al., 2007). A erosão do solo é considerada um dos maiores problemas ambientais em escala global, pois, além de proporcionar perdas de solo e nutrientes, está associada a inundações, assoreamento e poluição de corpos hídricos (WANG et al., 2016). O processo erosivo é afetado por diferentes fatores, entre os quais a cobertura do solo e as práticas de manejo empregadas (PANAGOS et al., 2015).

As operações de preparo do solo influenciam fortemente a erosão hídrica das áreas cultivadas, alterando o microrrelevo e a cobertura por resíduos vegetais e promovendo a exposição da superfície do solo à ação da chuva e da enxurrada (PANACHUKI et al., 2011).

Os Quadros 1 e 2 apresentam os impactos ambientais causados ao solo e água pelo sistema de cultivo tradicional em relação ao SPD.

Quadro 1 – Comparação entre Sistema de Plantio Convencional (SPC) e Sistema de Plantio Direto (SPD), no meio físico – solo.

SISTEMA DE PLANTIO CONVENCIONAL (SPC)	SISTEMA DE PLANTIO DIRETO (SPD)
No preparo do solo com, com o intermédio de grades, arados e fogo, o que provoca um manejo intensivo, proporcionando assim a desestruturação gradual do solo.	Evita o desprendimento gradual do solo, pois não utiliza de seu removimento. E dessa forma não submetendo o mesmo ao manejo extensivo.
Perda de nutrientes, uma vez que ouve o desprendimento gradual por máquinas agrícolas. Deixando o solo exposto as condições climáticas (chuvas, ventos e temperatura), acelerando a decomposição da matéria orgânica. Aumentando também a acidez do solo.	Como o SPD, utiliza matéria orgânica como adubo natural (palha), recobrando o solo, tendo uma liberação lenta de nutrientes e tendendo a zero a perda. Proporcionando ganho ambiental para o solo e econômico para o produtor.
Erosão do solo, causada pelo carregamento, pela lixiviação e falta de fixação de solo e seus nutrientes.	O Plantio Direto reduz drasticamente a erosão, pois protege o solo, diminuindo o carregamento, a lixiviação e fixando o solo sem grades perdas.
Falta de atividade biológica, proporcionando uma elevação de temperatura, assim como a da densidade específica do solo e diminuindo a umidade, causando com isso a compactação do solo.	O material retido no solo, favorece a atividade(movimentação) biológica, provocada também pelo número de raízes e animais, que favorecem a infiltração de água e nutrientes, deixando-o mais úmido, com menor temperatura e com o grau decompactação baixo.

Fonte: Gassen e Gassen (1996).

Essas condições irão depender do tipo de uso do solo e da forma como este e a cultura são manejados, os quais irão induzir diferentes graus de cobertura, rugosidade e consolidação superficiais, bem como diferentes características e propriedades físicas internas do solo, como o volume total e a distribuição de tamanho de poros, estabilidade e distribuição de tamanho de agregados, além do conteúdo de matéria orgânica. Essas condições influenciarão na 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, resultando em maior ou menor perda de solo e água por erosão hídrica (BAGATINI et al., 2011).

Quadro 2 – Comparação entre Sistema de Plantio Convencional (SPC) e Sistema de Plantio Direto (SPD), no meio físico – água.

SISTEMA DE PLANTIO CONVENCIONAL (SPC)	SISTEMA DE PLANTIO DIRETO (SPD)
Erosão Hídrica e Pluvial (impacto das gotas de chuva no solo).	O SPD diminui a Erosão Hídrica e a Pluvial, pois não expõem totalmente o solo. Sendo ele protegido principalmente pela matéria orgânica retida no solo (palha). A superfície se torna a estratégia mais adequada para reduzir impacto das gotas de chuva.
Aumento no escoamento superficial, proporcionando a redução de fertilidade, deixando a água mais turva.	O PD tem em sua missão a proteção do solo com matéria orgânica (palha), através da não remoção do solo, reduzindo então o escoamento superficial.
Menor infiltração, diminuindo a porosidade do solo.	O SPD com abundância de raízes, intensa atividade biológica e com palha na superfície, aumenta a absorção de água, tornando o solo bem poroso.
Menor recarga das águas subterrâneas.	O escoamento sendo minimizado e a água tendo um maior teor de infiltração, tem-se um menor dano por inundação e assim um maior abastecimento das águas subterrâneas.
Proporcionando assoreamento de rios e lagos e contribuindo para a eutrofização dos cursos d'água.	Com a redução do aporte de sedimentos, os nutrientes que chegam nos cursos d'água são absorvidos em sedimentos. Tendo um impacto positivo na ictiofauna.

Fonte: Gassen e Gassen (1996).

SCHICK et al. (2000) avaliaram a erosão hídrica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo, sendo: aração + duas gradagens, escarificação + gradagem e semeadura direta, ambos com rotação e sucessão de culturas. Concluíram que a semeadura direta é mais eficaz no controle das perdas de solo, enquanto as perdas de água seguem a mesma tendência; sendo as perdas de água menos influenciadas pelo manejo do que as perdas de solo.

Em concordância, BEUTLER et al. (2003), estudando as perdas de solo e água num Latossolo Vermelho Aluminoférrico, concluíram que a semeadura direta, 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 (preparo convencional, cultivo mínimo, rotação de preparos).

PLANTIO DIRETO NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

A degradação do solo ocorre em geral a partir da interferência antrópica sobre este recurso natural (SILVA et al., 2005), sendo a erosão, a lixiviação, a compactação do solo e a perda de matéria orgânica (MOS), exemplos de processos degradativos em sistemas agrícolas (BEZDICEK et al., 1996). A causa fundamental da erosão hídrica nas terras cultivadas é a ação da chuva diretamente no solo (BAGATINI et al., 2011). As perdas de solo são mais fortemente influenciadas pelos sistemas de manejo do solo do que as de água (BERTOL et al., 2007).

O sistema convencional de preparo do solo baseia-se na inversão da camada arável, proporcionando a desagregação da estrutura do solo e facilitando o transporte das partículas desagregadas pela enxurrada (ANDRADE et al., 2009).

Com a finalidade de controlar a erosão hídrica do solo, o sistema de plantio direto (SPD) foi introduzido no Brasil na década de 1970 e se baseava na ausência de revolvimento do solo e no acúmulo de palhada na superfície, reduzindo os efeitos danosos dos sistemas de preparo convencional (ROSCOE et al., 2006). Sistemas conservacionistas como plantio direto e integração lavoura pecuária, dentre outros, têm recebido maior atenção por parte dos pesquisadores por serem capazes de proporcionar maior estabilidade e sustentabilidade da produção agrícola em relação aos sistemas predominantes (SOUZA et al., 2008).

Isso além de impedir a movimentação das sementes no solo em épocas de fortes chuvas, mantém a profundidade de semeadura e facilita a emergência, o que dificulta o ataque de inimigos naturais (MATTEI, 1995).

A região sob vegetação de Cerrado concentra a segunda maior formação brasileira, superado apenas pela Floresta Amazônica. Atualmente são aproximadamente 32 milhões de hectares sob plantio direto no Brasil (FEBRAPDP, 2010). Percebe-se então um crescimento expressivo na área com esse sistema conservacionista do solo que envolve um conjunto de técnicas integradas que visam otimizar a expressão do potencial genético de produção das culturas com simultânea melhoria das condições ambientais. O presente sistema envolve uma série de vantagens em relação ao manejo convencional do solo, no qual se preconiza a utilização de arados e grades, o que acaba por desestruturar o solo, ocasionando sérios problemas.

Atualmente, a falta de conscientização e de informação acerca do uso adequado do

solo acarreta uma grande perda em todos os sentidos. Para contornar estes problemas podem ser utilizadas práticas conservacionistas de manejo do solo. Estas práticas são definidas como técnicas empregadas para aumentar a resistência do solo aos processos erosivos. De acordo com BERTONI e LOMBARDI NETO (2008) elas podem ser divididas em edáficas, mecânicas e vegetativas.

As práticas conservacionistas edáficas são aquelas que contribuem para a conservação do solo de acordo com as modificações realizadas no sistema de cultivo. Estas práticas além de exercerem uma função no controle de erosão, também mantêm ou melhoram a fertilidade do solo, tais como a adubação verde; a eliminação e controle do fogo; a calagem; a adubação química; e a adubação orgânica.

Como práticas mecânicas podem ser citadas o sistema de distribuição racional de caminhos e carreadores; o preparo do solo e plantio em contorno; a construção de sulcos e camalhões em pastagens; os canais divergentes; os canais escoadouros; os patamares; as banquetas individuais e os terraços. Essas tecnologias são estruturas artificiais que tem por finalidade quebrar a velocidade do escoamento da enxurrada e facilitar a infiltração da água no solo.

As práticas de caráter vegetativo são aquelas em que se utilizam a cobertura vegetal para defender o solo contra os processos erosivos. A densidade da cobertura vegetal é o princípio fundamental de toda proteção que se oferece ao solo. Podem ser utilizados as técnicas de florestamento e reflorestamento; uso racional de pastagens; plantas de cobertura; culturas em faixas; plantio direto; cordões de vegetação permanente; alternância de capinas; ceifa do mato; cobertura morta; faixa de bordadura e quebra vento (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2008).

Dentro das práticas vegetativas destacam-se de forma positiva as espécies da família Leguminosae na recuperação de áreas degradadas. A grande diversidade de espécies de leguminosas, aliadas ao importante papel que estas plantas exercem na incorporação de material vegetal ao solo, cobertura do solo e suprimento de nitrogênio nos ecossistemas, faz com que as plantas desta família botânica sejam eficientes na recuperação de áreas degradadas (RIBEIRO, 1999).

De acordo com AZEVEDO et al. (2007), a utilização de leguminosas para recuperar áreas degradadas apresenta várias vantagens, devido à existência de um grande número de

espécies (Tabela 1) que ocorrem em várias regiões do Brasil e à relativa facilidade na obtenção de sementes.

Tabela 1- leguminosas utilizadas na recuperação de áreas degradadas (rad)

Nome científico	Nome comum	Uso	Fixação N (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)
<i>Centrosemapubescens</i>	Centrosema	FORAGEM	126 - 398
<i>Mucunaaterrima</i>	Mucuna preta	FORAGEM e adubo verde	157
<i>Neonotoniawightii</i>	Soja perene	FORAGEM	160 - 450
<i>Stylosanthes</i> sp.	Estilosantes	FORAGEM	34 - 220
<i>Vignaunguiculata</i>	Caupi	Grão	73 - 354
<i>Cajanuscanjan</i>	Guandu	Grão, forragem, adubo verde	168 - 280
<i>Crotalariajuncea</i>	Crotalaria	Adubo verde	154
<i>Acacia auriculiformes</i>	Acácia	Lenha, serraria, celulose, outros	200
<i>Caesalpineafferrea</i>	Pau-ferro	Serraria, ornamental, medicinal	-
<i>Cassia grandis</i>	Cássia rossa	Mesmo anterior	-
<i>Erythrinafalcata</i>	Eritrina, canivete	Ornamental, medicinal	60
<i>Gliricidiasepium</i>	Gliricidia	FORAGEM, lenha, outros	31
<i>Ingassp</i>	Ingá	Lenha, ornamental, medicinal, outros	-
<i>Lecaenaleucocephala</i>	Leucena	FORAGEM, lenha, outro	500 - 600
<i>Mimosa scabrella</i>	Bracatinga	Lenha, celulose, outro	até 253

Fonte: CEMARH (2010).

A principal preferência pelo uso das espécies leguminosas, se deve à característica especial que elas possuem em relação às outras plantas, que é a capacidade de se associarem com microrganismos do solo, como bactérias fixadoras de nitrogênio, que transforma o nitrogênio do ar em compostos nitrogenados assimiláveis pelos vegetais, podendo tornar a planta parcial ou totalmente independente do aporte externo desse nutriente.

A fixação biológica de nitrogênio realizada por rizóbio em simbiose com leguminosa é de grande importância para programas de recuperação de solos degradados, geralmente deficientes em nitrogênio, em virtude da intensa perda de matéria orgânica (TRANNIN et al., 2001). As leguminosas também são importantes no processo de

estabilização da matéria orgânica do solo, pois para cada 10 unidades de carbono sequestrado há a necessidade de imobilizar, em média, uma unidade de nitrogênio (SISTI et al., 2004).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente o SPD é considerado como o maior projeto ambiental dos trópicos em termos de extensão, sendo o Brasil, um País de destaque em termos de conservação e preservação ambiental pela adoção dessa técnica, onde o SPD reduz perdas de solo e água por erosão. Em se tratando de benefício ambiental é amplo, pois não havendo remoção de partículas de solo, vai haver menor perdas de fertilizante e agroquímicos, o que traduz em menor poluição das águas sobre a superfície. Com a utilização da rotação de culturas e seu elevado acúmulo de resíduos, terá uma grande quantidade de carbono orgânico no solo, o que torna de suma importância.

O sistema de plantio direto já é uma prática consolidada, que tende a se difundir ainda mais com a expansão das áreas de cultivos e, sem dúvidas contribui com o uso racional do solo, agregando produtividade às culturas através de ações simples como preconizam o não revolvimento do solo, a manutenção da palhada e a rotação de culturas. O aporte tecnológico disponível atualmente permite a adaptação do sistema de plantio direto nas mais variadas condições de clima, solo e espécies cultivadas. Ao longo de décadas de pesquisas, os ganhos ambientais com uso da técnica estão comprovados, permitindo afirmar que, o plantio direto constitui numa das mais eficientes práticas conservacionistas em áreas de cultivos.

REFERÊNCIAS

AMADO, T. J. C.; ELTZ, F. L. F. Plantio direto na palha: rumo à sustentabilidade agrícola nos trópicos. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v.27, p. 49 - 66, 2003.

AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; MAZUIR, N. Soilpreparationandnutrientlossesbyerosion in theculturecucumber. **ScientiaAgricola**, Piracicaba, v. 62, n. 6, p. 572-557. 2005.

ANDRADE, C.; ALCÂNTARA, F. A.; MADEIRA, N. R.; SOUZA, R.F. Erosão Hídrica em um Latossolo Vermelho cultivado com hortaliças sob diferentes sistemas de manejo. In: **Anais...** XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2009.

AZEVEDO, R. L.; RIBEIRO, G.T.; AZEVEDO, C. L. L. Feijão Guandu: Uma Planta Multiuso. **Revista da Fapese**, Goiânia, v.3, n. 2, p. 81-86. 2007.

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, p. 999-1011, 2011.

BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E.; FERNANDES, E. C. M.; WANDELLI, E.; LAVELLE, P. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agro-silvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, Brasília, v.47, n.3, p.273-280, 2003.

BAYER, C. et al. Armazenamento de carbono em frações lábeis da material orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 39, n. 07, p. 677-683, 2004

BERNARDES, T. G.; SILVEIRA, P. M.; MESQUITA, M. A. M.; AGUIAR, R. A.; MESQUITA, G. M. Decomposição da biomassa e liberação de nutrientes dos capins Braquiária e Mombaça, em condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 370-377, 2010.

BESCANSÀ, P.; IMAZ, M. J.; VIRTO, I.; ENRIQUE, A.; HOOGMOED, W. B. Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain. **Soil & Tillage Research**, v.87, p.19-27, 2006.

BERTOL, I.; BEUTLER, J.F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 3, p. 555-60, 2001.

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, p.509-517, 2003.

BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 167-77, 2001.

BRADY, N.C. **Natureza e propriedade do solo**. 6 ed. Rio de Janeiro: Freitas, 1983. 647p.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L. de; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J.B. P.; BARROSO, A. L. de L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1269-1276, 2007.

BLANCHART, E.; VILLENAVE, C.; VIALLATOUX, A.; BARTHÈS, B.; GIRARDIN, C.; AZONTONDE, A.; FELLER, C. Long-term effect of a legume cover crop (*Mucunapruriens* var. *utilis*) on the communities of soil macrofauna and nematofauna, under maize cultivation, in Southern Benin. **European Journal of Soil Biology**, Brasília, v.42, 136-144, 2006.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**, 7ª Edição, Editora Ícone. São

Paulo, SP, 355p, 2008.

BEZDICEK, D. F.; PAPENDICK, R. I.; LAL, R. Introduction: importance of soil quality to health and sustainable land management. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Ed.). Methods for assessing soil quality. **Soil Science Society of America**, p. 1-8, 1996. (SSSA. Special publication, 49).

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, p.509-517, 2003.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; FERRACCIÚ ALLEONI, L. R.; CAMBRI, M. A. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 87- 98, 2006.

CALEGARI, A. Rotação de culturas em sistema de plantio direto. Palestra apresentada no **I Encontro Regional de Sistemas Produtivos**. Sorriso: CAT Sorriso. 2010.

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIAO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 77-86, 2010.

CASTRO, O. D.; VIEIRA, S. R.; SIQUEIRA, G. M.; Andrade, C. D. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho eutroférrico sob diferentes sistemas de preparo. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n.4, p. 1047-1057, 2009.

CAVALIERI, K.M.V.; TORMENA, C.A.; VIDIGAL FILHO, P.S.; GONÇALVES; A.C.A.; COSTA, A.C.S. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 137-147, 2006.

CEMARH, 2010. Disponível em: <http://www.cemarh.unifei.edu.br/itajuba/2007/marh17/2%20CEMARH%202007%20Recupera%20E3o%20Geral.pdf>. Acesso em: 20 maio. 2017.

COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 527-535, 2003.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; BACALTCHUK, B., SATTLER, A; DENARDIN, N. D., FAGANELLO, A ; WIETHOLTER, S. Sistema plantio direto: fator de potencialidade da agricultura tropical brasileira. **Agricultura tropical: Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, v. 1, p. 1251-1273, 2008.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil**: sistemas de cobertura de solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: GTZ; Londrina: IAPAR, 1991. 272 p.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A., eds. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Soil Sci. Soc. Am., v. 35, p.3-21, 1994.

EMBRAPA. **Leucena**: fonte alternativa de adubo nitrogenado para o cultivo do milho. Disponível em: <www.cnpms.embrapa.br>. Acesso em: 15 de maio. 2014.

EMBRAPA CENTRO DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJÃO. **Glossário**. Goiânia. 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/Fontes/html/Feijão/FeijãoIrrigadoNoresteMG/Glossario.htm>>. Acesso em 03 de nov. 2016.

FEBRAPDP - Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. **Área de plantio direto no Brasil**. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br/br%20evolucao%20pd%2093-04.html>>. Acesso em: 01 mar. 2013.

FERREIRA, A. de O.; SÁ, J. C. de M.; HARMS, M. G.; MIARA, S.; BRIEDIS, C.; QUADROS NETTO, C.; SANTOS, J. B. dos; CANALLI, L. B. Carbon balance and crop residue management in dynamic equilibrium under a no-till system in Campos Gerais. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 1583-1590, 2012.

FERRERAS, L. A., DE BATTISTA, J. J., AUSILIO, A.; PECORARI, C. Parâmetros físicos do solo em condições perturbadas y bajo laboreo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 161-170, 2001.

GABRIEL FILHO, A.; PESSOA, A. C. S.; STROHHAecker, L.; HELMICH, J. J. Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de adubação verde com ervilhaca e aveia preta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 953-957, 2000.

GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; SANTOS, D.R.; FLORES, J.P.C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:691-699, 2007.

GIONGO, V.; MENDES, A. M. S.; CUNHA, T. J. F.; GALVÃO, S. R. S. Decomposição e liberação de nutrientes de coquetéis vegetais para utilização no semiárido brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 3, p. 611- 618, 2011.

GÓMEZ, J.A.; GIRÁLDEZ, J.V.; PASTOR, M.; FERERES, E. Effects of tillage method on soil physical properties, infiltration and yield in an olive orchard. Amsterdam: **Soil & Tillage Research**, v. 52, p. 167-175, 1999.

GUIMARÃES, E.C. **Variabilidade espacial de atributos de um Latossolo Vermelho Escuro textura argilosa da região do cerrado, submetido ao plantio direto e ao plantio convencional**. Campinas, 2000. 90f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia de Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

HERNANI, L. C.; SALTON, J. C. Milho: informações técnicas. In: EMBRAPA. Centro de

Pesquisa Agropecuária do Oeste. **Manejo e conservação de solos**. Dourados: EMBRAPA/CPAO, v. 33, p.39-67, 1997.

KAY, V. A. Potential indicators of the quality of soil structure for plant growth. In: **Workshop internacional em avanços em ciência do solo: a física do solo na produção agrícola e qualidade ambiental**. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/lsn/work_pal.htm>. Online>. Acesso em: 13 de abril de 2017.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Faixa de umidade menos limitante ao crescimento vegetal e a sua relação com a densidade do solo ao longo do perfil de um Latossolo Roxo. **Ciência Rural**, Passo Fundo, v. 30, n. 6, p. 959-964, 2000.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. Taxa de composição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 21-28, 2006.

KNUPP, A. M.; FERREIRA, E. P. B. Eficiência da quantificação do carbono da biomassa microbiana por espectrofotometria comparada ao método titrimétrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 4, p. 588-595, 2011.

LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. **Soilecology**. Amsterdam: Kluwer Scientific Publications, 654p, 2001.

LAVELLE, P.; PASHANASI, B.; CHARPENTIER, F.; GILOT, C.; ROSSI, J. P.; DEROUARD, L.; ANDRÉ, J.; PONGE, J. F.; BERNIER, N. Large-scale effects of earthworms on soil organic matter and nutrient dynamics. In: EDWARDS, C.A. (Ed.). **Earthworm Ecology**. Boca Raton: St Lucie Press, Brasília, p.103-122, 1997.

LEE, K. E. The biodiversity of soil organisms. **Applied Soil Ecology**, v.1, p.251-254, 1994.

LIMA, C.L.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; GUBIANI, P.I. Qualidade físico-hídrica e rendimento de soja (*Glycinemax* L.) e feijão (*Phaseolusvulgaris* L.) de um Argissolo Vermelho distrófico sob diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1172-1178, 2006.

LIMA, C. L. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S. Produtividade de culturas e resistência à penetração de Argissolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 1, p. 89-98, 2010.

LÓPEZ-GARRIDO, R.; MADEJÓN, E.; LEÓN-CAMACHO, M.; GIRÓN, I.; MORENO, F.; MURILLO, J.M. Reduced tillage as an alternative to no-tillage under Mediterranean conditions: a case study. **Soil and Tillage Research**, v.140, p.40-47, 2014.

MARCHÃO, R. L.; LAVELLE, P.; CELINE, L.; BALBINO, L. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Soil macrofauna under integrated crop-livestock systems in a Brazilian Cerrado Ferralsol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, p. 1011-1020, 2009.

MATTEI, V. L. Importância de um protetor físico em pontos de semeadura de *Pinus taeda* L. diretamente no campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.19, n.3, p.277-285, 1995.

MEDEIROS, H. R.; PEDREIRA, C. G. S.; VILLA NOVA, N. A.; BARIONI, L. G.; MELLO, A. C. L. Prediction of herbage accumulation of *Cynodon* grasses by an empirical model based

on temperature and daylength. p. 263-265. In: International Grassland Congress, 19., 2001. São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001.

MORAES, M.T.; DEBIASI, H.; CARLESSO, R.; FRANCHINI, J.C; SILVA, V.R. Limites críticos da resistência à penetração do solo em um Eutrudox. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.1, p.288-298, 2014.

NEGREIROS NETO, J.V.; SANTOS, A. C.; GUARNIERI, A.; SOUZA, D. J.A.T.; DARONCH, D. J.; DOTTO, M. A.; ARAÚJO, A. S. Variabilidade espacial de atributos físico-químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em sistema plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, 2014.

NOGUEIRA, K. B.; ROQUE, C. G.; BORGES, M. C. R. Z.; TROLEIS, M. J. B.; BARRETO, R. F.; OLIVEIRA, M. P. Atributos físicos do solo e matéria orgânica sob dois manejos e efeito residual da aplicação de calcário e gesso agrícola. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 115, 2016

OLIVEIRA, G. C. de; DIAS JUNIOR, M. S.; RESK, D. V. S.; CURTI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 291-299, 2003.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S. de; 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, p.1777-1785, 2011.

PANAGOS, P.; BORRELLI, P.; MEUSBURGER, K.; ALEWELL, C.; LUGATO, E.; MONTANARELLA, L. Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale. **Land Use Policy**, Brasília, v.48, p.38-50, 2015.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; BERGAMASCHINE, F. A.; ULIAN, N. A.; FURLAN, L. C.; MEIRELLES, P. R. L.; CAVASANO, F. A. Straw decomposition of nitrogen-fertilized grasses intercropped with irrigated maize in an integrated crop livestock system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2029-2037, 2011.

PORTUGAL, A. F. et al. **Alterações em propriedades físicas do solo em ecossistemas de floresta após a implantação de pastagem no extremo oeste do Acre**. In: ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L. Uso sustentável de ecossistemas de pastagens cultivadas na Amazônia Ocidental. Rio Branco: SEMA, 2012. 142 p.

ROSCOE, R.; BODDEY, R. M.; SALTON, J. C. Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (Ed.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 304p. 2006.

RASIAH, V.; AYLMORE, L. A. G. Characterizing the changes in soil porosity by computer tomography and fractal dimension. **Soil Science**, v. 163, p.203-211, 1998.

RIBEIRO, P. A. **Utilização de leguminosas na produção de biomassa e como fonte de nutrientes em um Podzólico Vermelho-Amarelo no município de Alagoinha-PB.** Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal da Paraíba, 1999, 57f.

RUSU, T. Energy efficiency and soil conservation in conventional, minimum tillage and no-tillage. **International Soil and Water Conservation Research**, Brasília, v.2, p.42-49, 2014.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRICIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 11-21, 2008.

SANTIAGO, A. D.; ROSSETTO, R. **Preparo convencional.** Brasília, DF, 2007. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_84_22122006154841.html> Acesso em: 03 de nov. 2016.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O; BALBINOT JÚNIOR, A. A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico Alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. I - Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 427- 436, 2000.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.9, p.249-254, 1985.

SILVA, A. A.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRON, 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-MG, v.56, n.4, p.496-506, 2009.

SILVA, R.F.; BORGES, C.D.; GARIB, D.M.; MERCANTE, F.M. Atributos físicos e teor de matéria orgânica na camada superficial de um argissolo vermelho cultivado com mandioca sob diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2435-2448, 2008.

SILVA, C.L. da; KATO, E. Efeito do selamento superficial na condutividade hidráulica saturada da superfície de um solo sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.2, p.213–220, 1997.

SISTI, C. P. J.; SANTOS, H. P.; KOCHHANN, R. A.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Goiânia, v. 76, p.39- 58, 2004.

SKOPP, J.; JAWSON, M. D.; DORAN, J. W. Steady-state aerobic microbial activity as a function of soil water content. **Soil Science Society of America Journal**, v. 54, p. 1619-1625. 1990.

SOBRINHO, T.A.; VITORINO, A.C.T.; SOUZA, L.C.F.; GONÇALVES, M.C.; CARVALHO, D.F. Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 191-196, 2003.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; LIMA, C. V. S.; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J.; CARVALHO, P. C. F. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 3, p. 1273-1282, 2008.

SOUZA, Z. M. de; PRADO, R. de M.; PAIXÃO, A. C. S.; CESARIN, L. G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 271-278, 2005.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 395-401, 2001.

TOIGO, S.; BRAIDA, J. A.; POSSENTI, J. C.; BRANDELERO, E. M.; BAESSO, M. M. Atributos físicos de um Nitossolo Vermelho cultivado com trigo, em sistema plantio direto, submetido à compactação e escarificação. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 19-28, 2015.

TRANNIN, I. C. B.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; LIMA, A. Tolerância de estirpes e isolados de *Bradyrhizobium* e de *Azorhizobium* a zinco, cádmio e cobre "in vitro". **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Goiânia, v.25, p.305-316, 2001.

VENSKE FILHO, S. P.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C.; SIQUEIRA NETO, M.; CERRI, C. C. Biomassa microbiana do solo em sistema de plantio direto na região de Campos Gerais - Tibagi, PR. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 599-610, 2008.

VILLAMIL, M. B.; NAFZIGER, E. D. Corn residue, tillage, and nitrogen rate effects on soil carbon and nutrient stocks in Illinois. **Geoderma**, Brasília, v. 253-254, p. 61-66, 2015.

WANG, X.; ZHAO, X.; ZHANG, Z.; YI, L.; ZUO, L.; WEN, Q.; LIU, F.; XU, J.; HU, S.; LIU, B. Assessment of soil erosion change and its relationships with land use/cover change in China from the end of the 1980s to 2010. **Catena**, Brasília, v. 137, p. 256-268, 2016.

WÜRSCHÉ, W.; DENARDIN, L. E. Conservação e manejo dos solos-I. Planalto Rio-grandense. Considerações gerais. **Circular Técnica Nacional de Pesquisa do Trigo, Passo Fundo**, Santa Maria, v.30, n. 2, p. 1-20, 1980.

ZAMBROSI, F.C.B.; ALLEONI, L.R.F.; CAIRES, E.F. Liming and ionic speciation of an Oxisol under no-till system. **Scientia Agricola**, v.65, p.190-203, 2008.

Sobre os autores e as autoras

Ricardo Aparecido Santos

É graduado em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Goiás Câmpus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas (2017). Desenvolveu Iniciação Tecnológica com bolsa PBIT/UEG de 2013 à 2014. Exerceu o cargo Técnico de manutenção em Máquinas Agrícolas, no período de 07 de outubro de 2005 à 04 de junho de 2012. Foi professor de matemática da Escola Estadual Gercina Borges Teixeira (2017), e também professor da disciplina de Botânica e Fisiologia Vegetal pelo Instituto Tecnológico do Estado de Goiás Ruth Vilaça Correia Leite Cardoso, no qual atualmente é Supervisor de Eixo Tecnológico do curso Técnico em Agropecuária e exerce o cargo de professor assistente N2 pela Fundação Antares de Ensino Superior, Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão-FAESPE. Participou como avaliador da Banca de TCC (trabalho de conclusão de curso) do curso Técnico em Hospedagem no segundo semestre de 2017.

Currículo Lattes: <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4864166T3>

Sandra Máscimo da Costa e Silva

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás (2002), mestrado e doutorado em Agronomia pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Goiás (2004 e 2013). Docente em Regime de Tempo Integral de Dedicção à Docência e à Pesquisa (RTDI) da Universidade Estadual de Goiás, CCET, nas disciplinas Sistema Solo-Planta-Atmosfera e Irrigação. Tem experiência na área de Agronomia, atuando nos seguintes eixos: Engenharia de Água e Solo e Fruticultura irrigada.

Currículo Lattes: <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4764043E7>

Vandervilson Alves Carneiro

Docente da UEG - Universidade Estadual de Goiás, Câmpus de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo (Anápolis - GO). Membro do Grupo de Pesquisa CNPq - SAMA "Solo, Água e Meio Ambiente" da UEG - Universidade Estadual de Goiás, Câmpus de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo (Anápolis - GO). Tem experiência nas áreas de Geografia Física e Geociências. Licenciado em Geografia pela UNESP - Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Presidente Prudente (SP), Especialista em Metodologia do Ensino Superior pela UEG - Universidade Estadual de Goiás / Câmpus de Ciências Socioeconômicas e Humanas (Anápolis - GO), Mestre e Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Goiás, Câmpus Samambaia (Goiânia - GO).

Currículo Lattes: <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4797317Z1>

André Luiz Ribas de Oliveira

Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal de Goiás (1995), especialista em Avaliação Institucional pela Universidade Estadual de Goiás (2006), mestrado em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás (2003), doutorado em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás (2006) e pós-doutorado em Geografia pela Universidade Federal de Goiás (2007). Atualmente é professor titular da Universidade Estadual de Goiás. Desenvolvendo projetos junto a UEG. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Agrometeorologia, Ciências do Ambiente e Ecologia, Fertilidade e Nutrição do Solo, Fitotecnia, Plantas Medicinais e Zoneamento Agroclimático atuando principalmente nos seguintes temas: fertilidade e nutrição do solo e de plantas medicinais, meio ambiente e zoneamento agroclimático.

Currículo Lattes: <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4706065T6>

Alzirene de Vasconcelos Milhomem

Possui doutorado em Produção Vegetal pela Universidade Federal de Goiás (2001). Professora de ensino superior da Universidade Estadual de Goiás, Câmpus de Ciências Tecnológicas (CCET) de Anápolis e professora no Centro Universitário de Goiás Uni-Anhanguera. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Economia Rural, Administração Rural e Extensão Rural, atuando principalmente nos seguintes temas: agronegócio, competitividade de sistemas de produção, conjuntura econômica, sustentabilidade.

Currículo Lattes: <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4799840J9>

Artigo Recebido em Junho de 2018.
Artigo aceito para publicação em Julho de 2018.