

Capítulo 25

Sistemas de integração lavoura-pecuária como estratégia para melhorar a fertilidade do solo

Josiléia Acordi Zanatta
Júlio Cesar Salton
Gessi Ceccon

Introdução

A expansão da agricultura baseada no uso intensivo do solo e no preparo convencional trouxe como consequências a degradação dos solos pela compactação e pela diminuição da taxa de infiltração de água e do teor de matéria orgânica. Com a introdução do sistema plantio direto (SPD), com maior efetividade a partir dos anos 1990, percebeu-se que o manejo adequado poderia evitar a degradação do solo. O sucesso desse sistema depende essencialmente da adição de resíduos em quantidade adequada ao ambiente e da rotação de culturas. Em determinadas regiões, por causa das condições climáticas, podem, porém, surgir duas complicações: a dificuldade de produzir palha e/ou forragem para a alimentação animal em alguns períodos do ano, e a elevada taxa de decomposição dos resíduos no período de primavera/verão, o que deixa o solo descoberto. Essa situação se agrava quando se pratica monocultura de soja no verão, porque esse cultivo resulta em reduzida quantidade de resíduos vegetais no solo.

Para dar conta dessas dificuldades, que se manifestam em diferentes níveis de intensidade, dependendo da propriedade agrícola, tem sido empregada, como sucesso, a técnica de rotacionar pastagens com lavouras. As pastagens, principalmente as gramíneas forrageiras tropicais, apresentam a grande vantagem de se adaptarem ao ambiente. Além disso, aportam elevada quantidade de resíduos vegetais e, quando bem manejadas, podem suprir a produção de pasto no período seco, que é crítico para a produção animal, além de produzirem palha excedente para viabilizar o SPD. As lavouras introduzem nutrientes, via fertilizante, que potencializam a produtividade das pastagens na sequência.

O maior benefício da integração lavoura-pecuária (ILP) é a capacidade de ajuda mútua entre pecuária e lavoura de grãos. A sustentabilidade desse sistema tem como fundamento o manejo das plantas (forrageiras e culturas comerciais) e dos animais, de forma que não sejam produzidos efeitos restritivos ao desenvolvimento radicular das plantas e, ao mesmo tempo, que, no sistema, seja introduzida uma quantidade de resíduos suficiente para a consolidação do SPD. Essa premissa conservacionista também deve atentar para o fato de que a pastagem deve ser utilizada para a alimentação animal, o que exige maior controle sobre os resíduos remanescentes.

Os sistemas integrados em plantio direto podem resultar em ganhos econômicos e ambientais. A pastagem/forrageira, quando bem manejada, além de manter o solo coberto, apresenta elevada capacidade de aporte de resíduos vegetais ao solo. Esse fato pode manter ou até mesmo aumentar o teor de matéria orgânica do solo, e é mais eficiente na reciclagem de nutrientes do que as culturas anuais; além disso, promove melhorias nas propriedades químicas e físicas do solo.

Nos sistemas integrados, as relações são mais complexas, com interações espaço-temporais que alteram as propriedades do solo continuamente e, conseqüentemente, a produção do sistema. Entende-se que o solo é o único componente do sistema que centraliza as alterações dos processos; por isso, aceita as modificações impostas pelo sistema. Enquanto o cultivo das plantas, ou pastagens, e a produção animal se sucedem no tempo, o solo permanece recebendo as influências continuamente, que resultam em alterações de ordem física, química e biológica sem precedentes. Embora os SI sejam conhecidos desde tempos remotos, da época da domesticação dos animais e das plantas, só modernamente eles estão reassumindo sua importância nos processos de produção. Portanto, há grande interesse em entender como se dão essas relações, para tornar possível o manejo do sistema, e, conseqüentemente, aperfeiçoar a produção agrícola com a conservação do ambiente.

O objetivo deste capítulo é abordar os benefícios dos sistemas integrados, principalmente no tocante à introdução de pastagens/forrageiras em áreas cultivadas com lavouras de grãos, sob SPD. A qualidade do solo é abordada com detalhes, relacionando-se sua obtenção em sistemas integrados com elevado aporte e acúmulo de carbono (C) no solo. Para tanto, é fundamental conhecer as espécies forrageiras e a forma de implantação e condução dos sistemas. Este capítulo apresenta alguns aspectos relativos ao manejo do solo e das plantas e à produção agropecuária de maneira geral. Não se pretende esgotar o assunto, mas discutir os benefícios advindos dessa integração, além de situar alguns desafios e oportunidades.

Integração lavoura-pecuária em plantio direto

Sistemas mistos de exploração de lavoura e pecuária têm se destacado pelas vantagens em relação aos sistemas isolados de agricultura ou pecuária. A ILP pode ser definida como a diversificação, rotação, consorciação e/ou sucessão das atividades de agricultura e de pecuária dentro da propriedade rural e de forma harmônica. Trata-se de um sistema sinérgico em que há benefícios para ambas as atividades (Alvarenga, 2004; Balbino et al., 2011).

O uso do sistema ILP no Cerrado não é novo, visto que, na abertura inicial de áreas no Cerrado, o cultivo de pastagem já tinha sido precedido de culturas anuais. As lavouras de grãos, como o arroz no Cerrado e o milho em outras regiões, foram os cultivos pioneiros, fonte de receita

para cobrir os custos das operações mecanizadas, dos corretivos e dos fertilizantes. Passadas algumas safras, parte dessas áreas foi convertida em pastagens e em sistema de parceria entre pecuaristas e agricultores, enquanto novas áreas com vegetação nativa foram gradativamente incorporadas ao sistema produtivo.

A alternância de lavoura e pecuária não manteve, porém, a periodicidade necessária para evitar a degradação do solo. Depois de algum tempo, em geral 6 a 7 anos, dependendo das condições de solo, as pastagens apresentaram sinais de degradação, expressa na redução da capacidade produtiva. Novamente, a parceria entre os agricultores e pecuaristas foi acionada. Os agricultores arrendaram as áreas para o cultivo de grãos por alguns anos e as devolveram com a pastagem reformada, pastagem essa que, por causa das sobras de fertilizantes e corretivos utilizados nas lavouras intercalares, apresentou melhor capacidade produtiva.

Esses cultivos foram executados inicialmente em sistema de preparo convencional do solo. A incorporação dos resíduos vegetais, além de deixar o solo exposto, acelera a taxa de decomposição da matéria orgânica do solo, reduzindo significativamente a resiliência e a capacidade produtiva do solo. Uma solução para esse problema, que abarcou quase todos os cultivos nas décadas de 1970 e 1980, começou a ser delineada no início dos anos 1990, com o desenvolvimento e a utilização do SPD.

A evolução do uso do SPD se deu graças à disponibilidade de tecnologias específicas, que se somou aos interesses dos setores públicos e privados em levá-las às propriedades rurais (Anghinoni, 2007). Esse sistema representou grande avanço na agricultura brasileira, pois tornou viável a produção de grãos em todas as regiões, de forma econômica e com inúmeros benefícios ao solo e ao ambiente (Rodrigues, 2005).

A Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (Evolução..., 2018) estima que, na safra 2011–2012, mais de 31 milhões de hectares foram cultivados em plantio direto no Brasil por pequenos, médios e grandes agricultores, com aproximadamente 10,5 milhões e 11,5 milhões de hectares nas regiões Sul e Centro-Oeste, respectivamente. Na região Sul, possivelmente em razão do limite da fronteira agrícola, a área cultivada sob SPD tende a estabilizar, enquanto, nos Cerrados e nas demais regiões, o sistema encontra-se ainda em plena expansão.

Na década de 1990, além dos cultivos anuais de outono/inverno, como o trigo (*Triticum aestivum* L.), a aveia (*Avena strigosa* L.) e o nabo (*Raphanus sativus* L.), da disponibilidade de cultivares de soja com ciclo mais curto e da possibilidade da antecipação da semeadura (safrinha), alternativas de cultivos anuais foram acrescentadas, como o milheto (*Pennisetum americanum* L.), o milho (*Zea mays* L.), o sorgo (*Sorghum bicolor* L.) e o girassol (*Helianthus annuus* L.) (Spehar; Trecenti, 2011). A partir daquele período, outras tecnologias associadas ao uso do SPD foram disponibilizadas e/ou aperfeiçoadas, entre as quais se destacam melhores equipamentos de semeadura e aplicação de insumos, que proporcionaram maior agilidade à colheita e à implantação dos cultivos e ampliaram as opções de sistemas produtivos, incluindo o aproveitamento das cul-

turas de entressafra para a produção de forragem. Com forte vocação para a produção animal, os resíduos vegetais remanescentes de lavouras de inverno passaram a ser utilizados para o pastejo nas regiões Sul e Centro-Oeste. A partir do sucesso obtido com essa prática na entressafra, em pouco tempo as espécies forrageiras perenes passaram a ser adotadas em substituição às plantas de cobertura, principalmente no Centro-Oeste. E outros fatores também explicam a expansão da pecuária em áreas de lavouras: a evolução da tecnologia de dessecação e a redução dos custos com herbicidas, além da maior oferta de sementes de forrageiras com boa qualidade.

A despeito das melhorias alcançadas com a adoção do SPD em larga escala, nem tudo foi resolvido. Na região Centro-Oeste, por exemplo, as elevadas taxas de decomposição dos resíduos vegetais e o período de déficit hídrico marcante não permitem o atendimento pleno de dois dos três fundamentos do SPD. À exceção do mínimo revolvimento e da cobertura permanente do solo em lavouras de consórcio milho-braquiária, a rotação de culturas ainda é um desafio. Em razão das condições climáticas, a palhada das culturas não resiste por muito tempo, e deixa o solo parcialmente descoberto. Além disso, existe uma carência de opções de cultivos de outono/inverno para completarem o ciclo anual de produção, que sejam adaptados às condições mais secas e com adequada produção de resíduos vegetais. Segundo Cruz (2007), a combinação da ILP com o SPD estabeleceu as bases de um novo paradigma na sustentabilidade agrícola. De modo geral, as forrageiras aportam quantidades de resíduos vegetais relativamente maiores se comparadas aos cultivos anuais, diferença que consiste numa das vantagens de cultivar pastagens rotacionadas com lavouras anuais de grãos. Além do sistema de preparo do solo, outro fator que diferencia a ILP dos anos 2000 daquela praticada décadas atrás é a execução dessa integração de forma sistemática, numa propriedade. Ou seja, a ILP passou a ser vislumbrada como um sistema de produção com características próprias, com cultivos de lavoura de grãos e pecuária abordados de forma indissociáveis. O resultado dessa integração foi o sinergismo entre os cultivos, com benefícios tanto para as lavouras de grãos quanto para a pecuária.

No Brasil, as áreas de lavouras temporárias ultrapassam os 63 milhões de hectares, enquanto as áreas com pastagens ocupam mais de 160 milhões de hectares (IBGE, 2018). O desafio atual é ampliar a integração desses cultivos de forma harmoniosa, considerando-se as grandes extensões, a ampla diversidade dos ecossistemas e as situações socioeconômicas que caracterizam a agricultura brasileira, de modo que se obtenham os benefícios advindos da integração.

Importância das pastagens para o sucesso do plantio direto

A crescente demanda por alimentos tem instigado a busca por tecnologias que possibilitem maiores produtividades e, ao mesmo tempo, maior sustentabilidade da agricultura.

A exigência de sustentabilidade na produção agrícola não diz respeito somente ao aspecto econômico, mas à conservação dos recursos naturais envolvidos no processo produtivo. Contudo, em muitas regiões agrícolas, verifica-se que esse objetivo ainda não foi alcançado, pois grande parte das áreas de pastagens encontra-se com algum nível de degradação, por causa do pastejo excessivo ou de outro manejo inapropriado (Macedo, 2000; Dias-Filho; Andrade, 2014). Nas áreas de lavouras, o predomínio do monocultivo no verão (80% da área cultivada com soja) e a ausência de cultivo no período de inverno contribuem para as baixas taxas de cobertura do solo (< 50%) e, conseqüentemente, para o aumento dos problemas fitossanitários (Trento et al., 2002; Asmus; Richetti, 2010) e a perda gradativa da qualidade do solo (Vezzani; Mielniczuk, 2009).

Uma análise das safras agrícolas da região Centro-Oeste indica ausência de cultivos na entressafra numa extensa área. Na safra primavera/verão, de 2017/2018, estima-se que foram cultivados 17 milhões de hectares; enquanto, no período de outono/inverno, apenas 50% dessa área foi cultivada (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2018) – Tabela 1. Estima-se ainda que cerca de 4,2 milhões de hectares sejam ocupados por culturas de cobertura, restando ainda áreas de aproximadamente 5 milhões de hectares que podem estar em pousio nesse

Tabela 1. Estimativa da área cultivada com as principais culturas anuais nos estados da região Centro-Oeste (média das safras 2017 e 2017/18).

Período de cultivo	Cultura	MT	MS	GO	DF	Total
		(x 1.000 ha)				
Primavera/verão	Algodão	746,5	30,0	33,0		809,5
	Arroz	138,0	14,3	21,6		173,9
	Feijão		0,8	56,2		57,0
	Milho	27,2	15,5	214,2	27,8	284,7
	Soja	9.518,6	2.656,0	3.386,7	71,5	15.632,8
	Total	10.430,3	2.716,6	3.711,7	99,3	16.957,9
Outono/inverno	Amendoim		2,5			2,5
	Aveia		29,0			29,0
	Feijão	311,3	27,0	94,1	4,2	436,6
	Girassol	44,4	0,7	16,0	0,7	61,8
	Milheto ⁽¹⁾	2.000,0	350,0	1.200,0	10,0	3.560,0
	Milho 2ª safra	4.334,0	1.689,5	1.210,3	37,0	7.270,8
	Outras ⁽¹⁾	100,0	300,0	200,0	3,0	603,0
	Sorgo	38,5	7,0	248,0	7,0	300,5
	Trigo		20,0	11,0	0,9	31,9
	Total	6.789,7	2.398,7	2.720,4	54,9	11.963,7

⁽¹⁾Estimativa.

Fonte: Adaptado de Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos (2018).

período. Um único cultivo agrícola no ano, a soja, implica baixa capacidade de proteção do solo, além de reduzido aporte de resíduos vegetais, maiores custos de produção e menor eficiência no uso dos recursos. A reduzida taxa de cobertura do solo, principalmente no período de inverno, e a pequena adição de resíduos vegetais, aliada a uma elevada taxa de decomposição, têm sido um dos grandes desafios do SPD, principalmente na região do Cerrado (Silva et al., 2009a). A introdução de pastagens intercaladas aos cultivos de lavouras de grãos, como ocorre no sistema de ILP, trouxe uma nova perspectiva ao SPD. Segundo Mello (2001), essa tecnologia tem contribuído para a viabilização econômica das propriedades agrícolas e do próprio SPD, pois diversifica a fonte de renda da propriedade (Ambrosi et al., 2001; Assmann et al., 2003), aumenta a oferta de alimento ao gado no inverno (Sulc; Tracy, 2007) e adiciona maior quantidade de palha ao solo, o que mantém a atividade biológica (Mercante et al., 2004) e a cobertura do solo elevadas (Botrel et al., 1999). As pastagens, ou mais especificamente as gramíneas forrageiras, têm sido o grande diferencial do sistema ILP, em relação ao SPD exclusivamente com culturas anuais.

As justificativas para a introdução de pastagens em áreas de lavouras num sistema integrado são inúmeras. Entre os benefícios está a redução de custos de produção, o aumento da eficiência do uso da terra, a melhoria da qualidade do solo, a redução de pragas, doenças e plantas daninhas e o aumento de liquidez e da renda (Carvalho et al., 2004). A diversificação da rotação de culturas com pastagens é fundamental para uma agricultura eficiente, produtiva e estável (Moraes et al., 2002). Constitui uma das estratégias mais promissoras para desenvolver sistemas de produção menos intensivos no uso de insumos e, por sua vez, mais sustentáveis (Cassol, 2003).

A despeito dos benefícios advindos da introdução de pastagens em áreas exclusivamente de lavouras em plantio direto, muitos agricultores ainda se mostram relutantes à adoção dessa prática. Entre os motivos mais fortemente apontados para essa resistência, destacam-se: menor complexidade no manejo de monoculturas em relação às rotações; preconceito pelo fato de a entrada de animais na pastagem provocar compactação do solo; necessidade de conhecimento adicional sobre sistemas integrados; necessidade de investimentos adicionais em infraestrutura (cercas, aguadas, animais); necessidade de mão de obra qualificada; e falta de incentivos financeiros para a adoção dos sistemas.

A seguir, serão discutidos alguns dos principais efeitos da introdução das pastagens nas rotações com culturas de grãos sobre a qualidade do solo, o aporte de resíduos e o acúmulo de C, e em alterações em atributos físicos e químicos do solo.

Qualidade do solo em sistemas integrados

Qualidade do solo consiste na sua capacidade de funcionar, dentro dos limites de um ecossistema natural, para sustentar a produtividade biológica, manter e melhorar a qualidade ambiental e promover o vigor das plantas e a saúde dos animais (Doran; Parkin, 1994). Segundo

Vezzani e Mielniczuk (2009), na avaliação da qualidade do solo, deve-se considerar que ele é o resultado de interações complexas entre os componentes minerais, as plantas e a microbiota.

Como o solo é um sistema aberto, os fluxos de matéria e energia no sistema são dependentes da entrada contínua de compostos orgânicos ao longo do tempo, a fim de alimentar as relações entre os componentes do sistema e permitir que o solo atinja estados de organização mais avançados. Por sua vez, se a quantidade de energia e de matéria adicionada, via plantas, não é satisfatória, ou seja, se os resíduos vegetais não são suficientes para suprir a demanda do solo, os microrganismos vão utilizar a energia e a matéria armazenadas no solo e destruir a organização obtida anteriormente. Com isso, o processo de obtenção da qualidade do solo sofre regressão (Vezzani, 2001). Portanto, trata-se de um processo dinâmico, o que implica necessidade contínua de aporte de resíduos vegetais para suprir as inter-relações entre os microrganismos, o componente mineral do solo, as plantas e os animais (Figura 1).

A Figura 1 apresenta de forma esquemática o funcionamento de um sistema de ILP, no qual os fluxos de energia e matéria podem ser entendidos pelo fluxo de C entre os componentes do sistema. Inicialmente, a energia luminosa é transformada em matéria por meio da fotossíntese, e isso resulta em produção vegetal, a qual pode ter duas finalidades: produção de grãos e carne, que são fluxos de saída de C do sistema; e produção de resíduos vegetais e animais, que permanecem no sistema e são alimentos para a microbiota do solo. Percebe-se que a presença dos animais modifica os fluxos de energia e matéria entre os compartimentos solo-planta-atmosfera pela ingestão de forragem, digestão e retorno ao sistema, via fezes e urina, além de imprimir maior heterogeneidade na distribuição espacial dos nutrientes no solo. Considerando-se o pastejo, o excedente da matéria (carbono) que ficou no sistema (forragem e excrementos) vai, com o passar dos anos, interagir com o componente mineral do solo e formar estruturas de nível organizacional mais avançado. Pode ainda ser perdido do sistema, por meio da erosão superficial ou lixiviação.

Os estados de ordem do solo podem ser representados pelos níveis hierárquicos da formação e da estabilização de agregados (Figura 2). Os macroagregados representam o nível mais elevado de organização da estrutura do solo, cujas interações entre os componentes são complexas e diversificadas, armazenando, ademais, elevada quantidade de energia e matéria na forma de componentes orgânicos. Por esse motivo, muitos autores utilizam os índices de agregação como indicativo da qualidade do solo entre sistemas de produção.

Outra forma de mensurar a qualidade do solo se dá pelo conteúdo de matéria orgânica do solo (MOS). Esse indicador potencializa-se quando considerado um atributo indicador de qualidade do solo, pela sua característica de integrar processos e funções do solo (Doran; Parkin, 1994; Franzluebbers, 2002; Shukla et al., 2006). A matéria orgânica também representa um indicador de fácil mensuração e interpretação, de reprodutibilidade no tempo e possível aplicação em grande número de condições ecológicas e socioeconômicas. Por esse motivo, muitos autores consideram

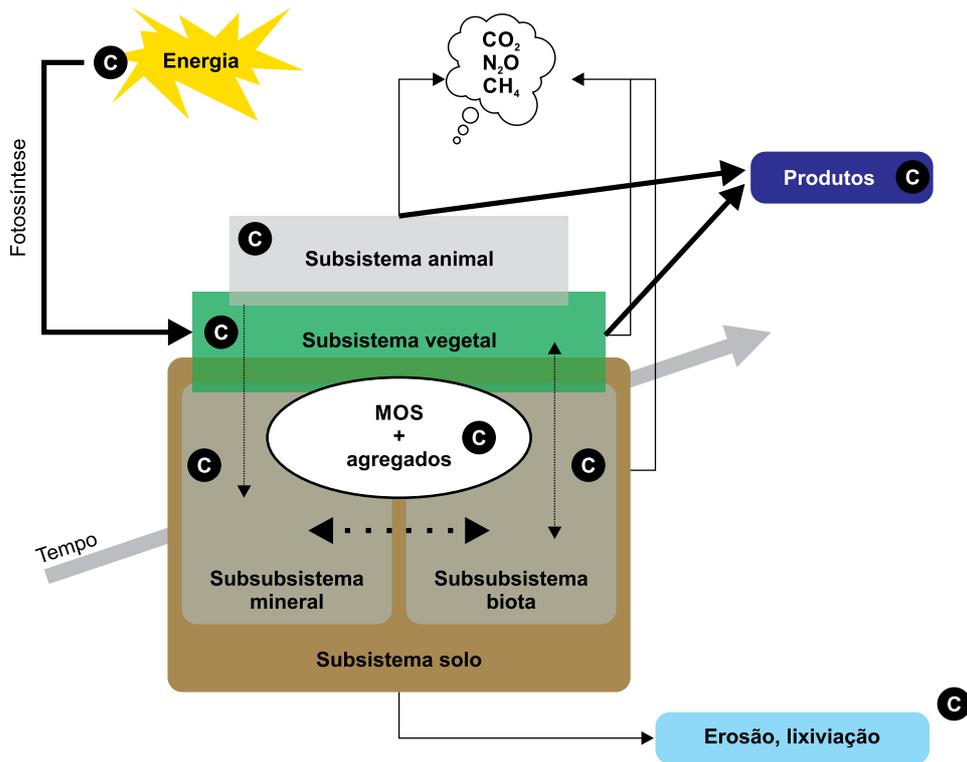


Figura 1. Modelo conceitual de um sistema misto de produção agropecuária, com destaque para o fluxo de carbono (C) entre os componentes do sistema.

MOS = matéria orgânica do solo.

Fonte: Adaptado de Salton (2005).

o conteúdo de MOS, principalmente em ambiente tropical, uma forma de definir a produtividade das culturas e indicar o rumo do sistema agrícola à sustentabilidade ou à degradação.

De fato, a agregação e os conteúdos de MOS estão relacionados, como fica evidente na Figura 2. A presença de MOS permite a evolução hierárquica no processo de agregação, principalmente na fase de formação de macroagregados, assim como a agregação desempenha a função de proteger fisicamente a MOS da ação direta de enzimas e microrganismos. Desse modo, essas duas formas de expressar qualidade do solo são interconectadas e interdependentes.

Em sistemas com inclusão de pastagens, muitos autores têm destacado a capacidade de essas plantas aumentarem a agregação do solo (Boeni, 2007; Marchão et al., 2008). Salton et al. (2008b) avaliaram a agregação e a estabilidade dos agregados em diferentes sistemas de manejo do solo, como lavouras em plantio direto, lavouras em rotação com pastagens em plantio direto e pastagens permanentes de *Urochloa* (*Syn. Brachiaria*) sp. Os autores verificaram que a macroagregação preponderou nos sistemas com pastagens, resultado esse que foi corroborado pelo uso de índices específicos de monitoramento da qualidade do solo (Salton et al., 2005). A formação

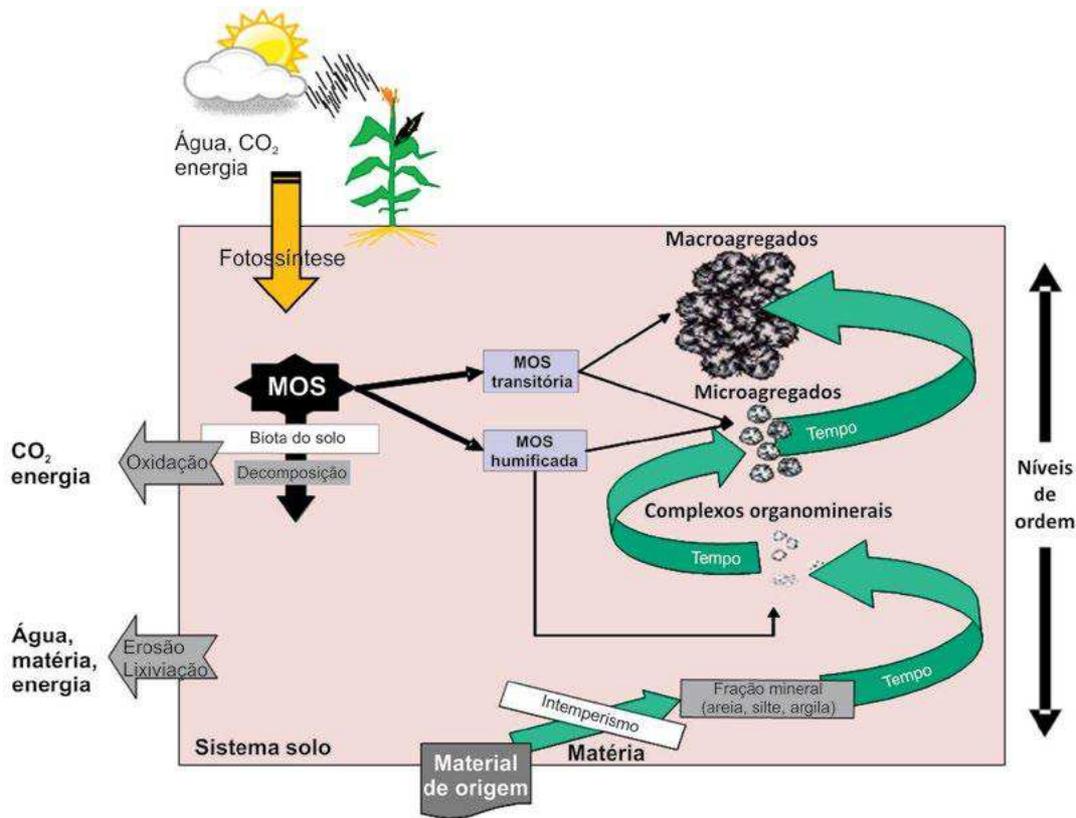


Figura 2. Representação esquemática do processo de ordenação do solo (níveis de ordem), com destaque para os principais subprocessos, componentes e fluxos de energia e matéria.

MOS = matéria orgânica do solo.

Fonte: Adaptado de Roscoe et al. (2006).

de macroagregados está muito relacionada à adição de resíduos vegetais, especialmente aqueles oriundos do sistema radicular, os quais, nesse caso, são beneficiados pela abundante massa radicular das pastagens no perfil do solo (Figura 3).

Em outra avaliação que envolveu diferentes formas de uso do solo, a qualidade foi estreitamente relacionada ao acúmulo de C, à atividade biológica e à macroporosidade do solo (Melloni et al., 2008). Os sistemas integrados têm sido destaque e há inúmeros estudos que indicam que, nesses sistemas, o aumento dos estoques de C no solo (Salton et al., 2005; Jantalia et al., 2006) pode até mesmo superar os mensurados na vegetação nativa (Roscoe et al., 2001). Portanto, é fundamental que o manejo do solo e das culturas, com o objetivo de atingir a qualidade do solo, busque primariamente aumentar os estoques de MOS.

Araújo et al. (2007), entretanto, destacam que a qualidade de solos cultivados com pastagens pode ser alterada pelo manejo das forrageiras e/ou dos animais. Os autores verificaram

Foto: Júlio Cesar Salton



Figura 3. Sistema radicular de pastagem de *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *brizantha* submetida a pastejo controlado, em experimento com 11 anos de duração, em Maracaju, MS.

que a qualidade do solo cultivado com pastagem em comparação com a vegetação nativa foi negativamente afetada por alterações em atributos físicos do solo, o que reforça a importância de se adequar o manejo das plantas e dos animais para aumentar os conteúdos de MOS e atingir qualidade. O aporte (ou manutenção) de resíduos orgânicos ao solo em quantidade suficiente para alimentar os processos biológicos do solo e protegê-lo, nesse caso, é imprescindível em qualquer sistema agrícola de uso/manejo que vise atingir a qualidade.

Num ambiente homogêneo, o estoque de C do solo depende diretamente da taxa de aporte de resíduos vegetais (Zanatta; Salton, 2010). Solos submetidos a baixo aporte de resíduos apresentam redução dos estoques de C orgânico ao longo do tempo, enquanto taxas elevadas de aporte de resíduos vegetais proporcionam acúmulo de C no solo; portanto, promovem a sua qualidade. Numa visão aplicada do conceito de qualidade do solo, parece mais importante identificar como obtê-la do que identificar meios ou atributos para medi-la (Vezzani; Mielniczuk, 2009).

Aporte e acúmulo de C no solo em sistemas integrados

Tão importante quanto os índices de produtividade dos sistemas de produção é a quantidade de resíduos vegetais aportada ao solo, os quais, posteriormente, podem ser incorporados

ao compartimento orgânico. Nesse contexto, incluir espécies com elevado potencial de produção de palha e menor taxa de decomposição dos resíduos é condição essencial para a composição de sistemas de culturas, principalmente para regiões de clima tropical (Salton et al., 2008a).

As pastagens, se comparadas a culturas anuais, possuem maior potencial de adição de resíduos, mesmo em condições de déficit hídrico, como na estação seca. Entre as pastagens cultivadas e utilizadas em integração com lavouras, destacam-se as do gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) e *Panicum*, as quais, dependendo da adubação, podem produzir mais de 20 t ha⁻¹ ao ano de matéria seca (MS) de parte aérea (Oliveira, 2008). Considerando-se a condição de outono/inverno, Machado e Assis (2010) observaram produções de MS que variaram de 2 t ha⁻¹ a 7 t ha⁻¹ em espécies desses gêneros, quando cultivadas durante a entressafra, em São Gabriel do Oeste, MS.

Em Santa Helena de Goiás, GO, Ferreira et al. (2010) verificaram produções de MS que variaram de 3,6 t ha⁻¹ – capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) – até 16,6 t ha⁻¹ – capim-tanzânia (*Panicum maximum*) –, quando as espécies forrageiras foram semeadas no início do outono (março) e dessecadas no final de novembro, para a introdução dos cultivos de verão. Esses autores observaram efeitos positivos na produtividade do algodoeiro para a maioria das culturas antecessoras avaliadas. Também visando à produção de palhada para o cultivo do algodoeiro em Primavera do Leste, MT, Lamas e Staut (2006) avaliaram a produção de massa seca por espécies vegetais no período de março a junho e a dezembro, e verificaram valores médios de 4 t ha⁻¹ a 6 t ha⁻¹ para o primeiro período (120 dias) e de 10 t ha⁻¹ a 12 t ha⁻¹ para o segundo período (300 dias). Salienta-se que a utilização da pastagem como alimento para o gado consome parte dessa fitomassa, e, por isso, os valores adicionados ao solo são menores.

As pastagens, principalmente as gramíneas forrageiras, também produzem quantidades significativas de resíduos vegetais via raízes, além de liberarem exsudatos e compostos orgânicos. Embora haja poucos estudos que quantifiquem o aporte de resíduos radiculares, por causa das dificuldades intrínsecas da amostragem, na literatura são citadas adições que correspondem a uma fração de 30% a 40% da adição da parte aérea (Buyanovski; Wagner, 1986; Balesdent; Balabane, 1992; Bolinder et al., 1997; Kissele et al., 2001; Muraro, 2004). Em medições pontuais, Volpe et al. (2008) verificaram, para *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *decumbens*, adições de até 13 t ha⁻¹ de MS na camada de 0 a 40 cm de profundidade.

O maior acúmulo de fitomassa proporcionado pelas pastagens, tanto de parte aérea como de raízes, em comparação com a produzida por lavouras de grãos, decorre principalmente do corte ou do pastejo animal. O pastejo promove a retirada da parte aérea das plantas, o que estimula a rebrota e o crescimento radicular, e, assim, contribui para a maior produção líquida primária das pastagens se comparadas a outras espécies vegetais. Na Figura 4, pode-se perceber que o pastejo, em níveis adequados, proporciona maior produção acumulada de matéria seca de forragem do que na área sem pastejo (SP). As taxas de acúmulo chegaram a 60 kg ha⁻¹ de MS contra 28 kg ha⁻¹ de MS no tratamento SP.

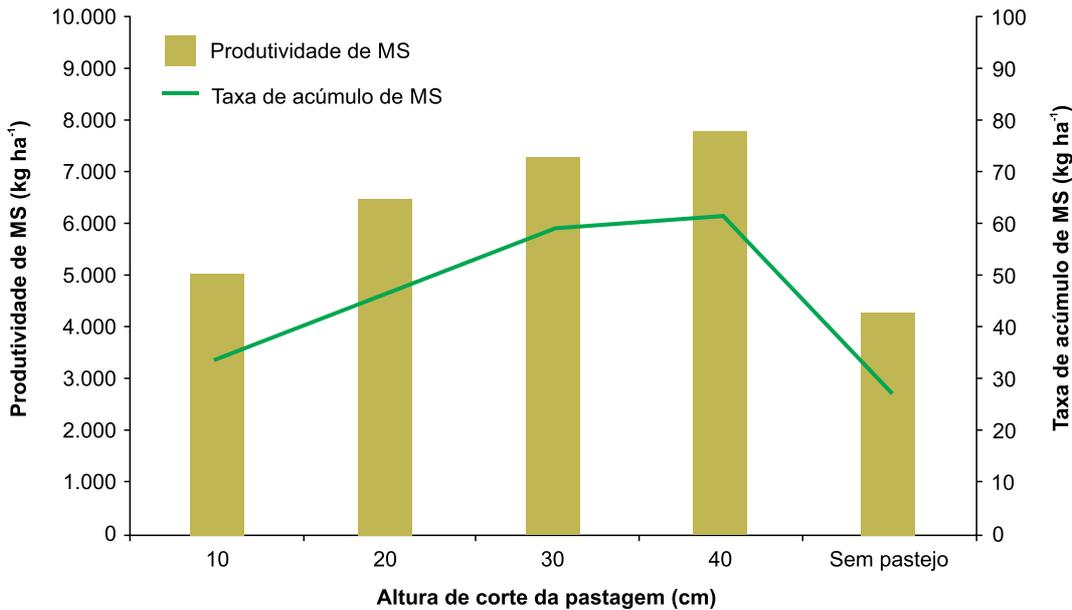


Figura 4. Produtividade acumulada e taxa de acúmulo de matéria seca (MS) de plantas de aveia + azevém em diferentes alturas de corte da pastagem durante o período de inverno.

Fonte: Adaptado de Kunrath et al. (2011).

O pastejo aumenta a produção acumulada das pastagens pelo efeito direto sobre a taxa de aparecimento das folhas. Quando não há pastejo, a taxa de aparecimento de folhas novas diminui (Skinner; Nelson, 1995; Duru; Ducrocq, 2000). Comportamento similar foi reportado para gramíneas forrageiras tropicais, tais como *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *decumbens*, em pastejo simulado (Gomide, 1997) e em pastejo contínuo (Grasselli et al., 2000), e para *P. maximum* 'Tanzânia' (Barbosa et al., 2002), em pastejo rotacionado, nos quais se constatou que a taxa de aparecimento de folhas fica reduzida pelo aumento da altura da pastagem.

Constata-se, dessa forma, que a altura de corte da pastagem também afeta significativamente a produção primária líquida, como pode ser verificado na Figura 4. Além disso, o manejo adequado prevê um equilíbrio entre a produção e a altura de corte. O manejo da pastagem em alturas de corte ao redor de 10 cm resultou em menor produção de fitomassa (3 t ha⁻¹ de MS) se comparado o manejo de pastagem a 40 cm. Nesse caso, os sucessivos cortes rasos da pastagem provavelmente causaram redução das reservas orgânicas e, conseqüentemente, da capacidade de rebrote da pastagem (Nascimento Junior et al., 2002). Logo, o intervalo de desfolhação ou pastejo em sistemas integrados deverá ser adequado ao ritmo de aparecimento de folhas novas.

O tempo necessário para o aparecimento de uma folha nova depende de vários fatores, entre eles: genótipo, nível de inserção, fatores ambientais, nutrientes e água, estação do ano e a própria intensidade e frequência de pastejo. Fisiologicamente, em condições não limitantes,

a formação de uma folha depende da temperatura. O azevém (*Lolium multiflorum*) anual, por exemplo, apresenta necessidade de 128 graus-dia a 170 graus-dia (Gonçalves; Quadros, 2003), ou seja, em condições de temperaturas mínimas acima de 7 °C e médias diárias de 20 °C, a cada 6 dias surge uma nova folha no perfilho. Segundo Silva et al. (2009b), o período para a emissão de uma folha nova de *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *decumbens* e *U. brizantha* varia de 6 a 9 dias, dependendo da fertilização. Portanto, se a desfolha, por alguma razão, ocorrer seguidamente e antes desse intervalo de tempo, o perfilho entra em balanço negativo de fluxo de MS. Em consequência disso, a planta fica esgotada e a produção de MS é reduzida.

O ajuste da carga animal/lotação e o método de pastejo constituem ferramentas determinantes para evitar a degradação das pastagens, o que, por consequência, afeta o potencial de aporte e de acúmulo de C no solo (Figuras 4, 5 e 6). Observa-se que há um equilíbrio entre a produção da parte aérea e a produção de resíduos radiculares. Além disso, a máxima adição de resíduos da parte aérea não se reflete em máxima taxa de acúmulo de C no solo, o que, possivelmente, demonstra o equilíbrio entre a retirada da parte aérea e a produção de raízes.

Estudos avaliando os estoques de matéria orgânica do solo em sistemas de produção que incluíam pastagens confirmam que a utilização dessas espécies em rotação com culturas de grãos em SPD aumenta os estoques de MOS, em magnitudes que variam de 3% a 20% (Tabela 2). A elevada produção líquida primária das espécies forrageiras e o aumento do mecanismo de proteção física, desempenhada pela oclusão do C orgânico no interior de agregados estáveis do solo (Sollins et al., 1996; Boeni, 2007), são provavelmente os fatores determinantes dos maiores estoques de C no solo verificados nos sistemas com pastagens, se comparados aos

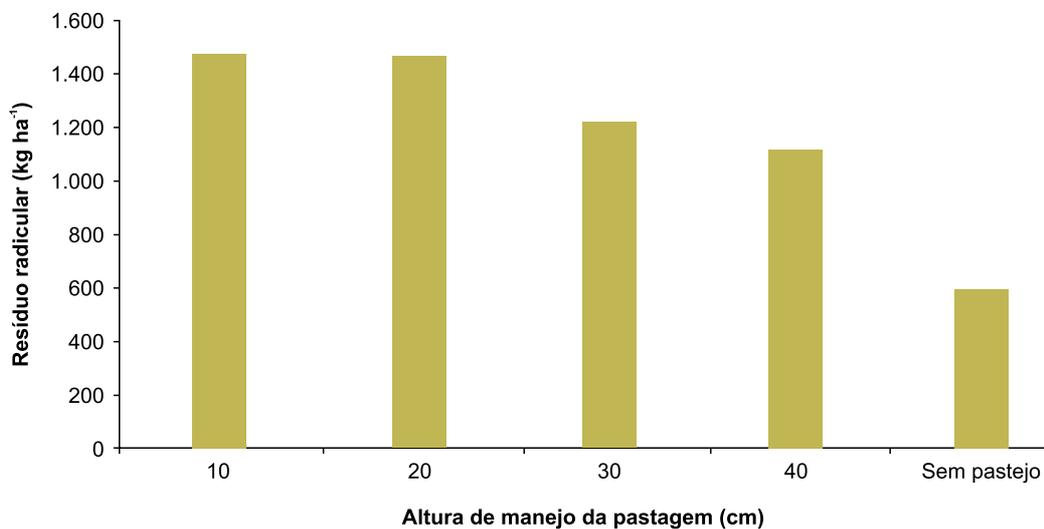


Figura 5. Aporte de resíduos radiculares até 12 cm do solo ao final do ciclo de pastejo da aveia + azevém.

Fonte: Adaptado de Conte et al. (2007).

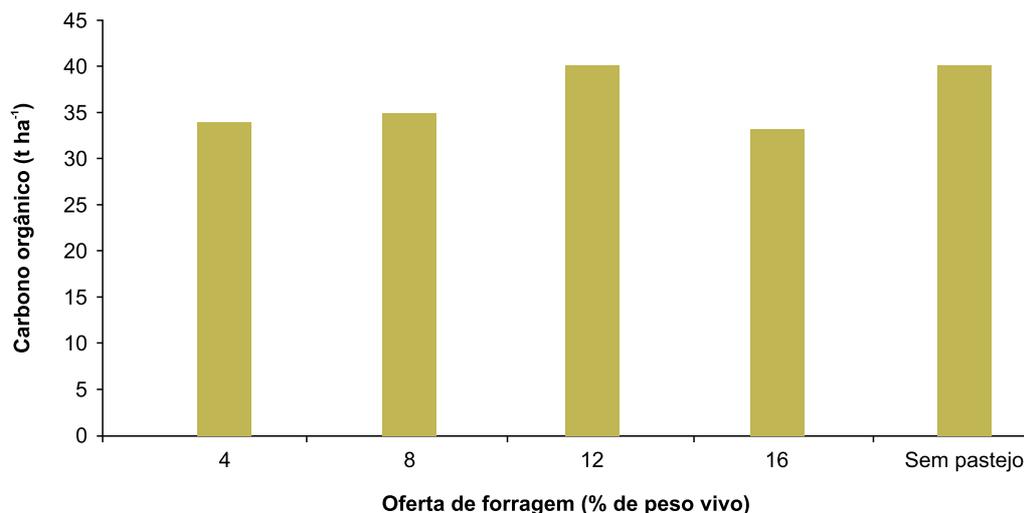


Figura 6. Estoques de C na matéria orgânica particulada e associada aos minerais de acordo com o nível de oferta de forragem.

Fonte: Adaptado de Conte et al. (2011).

Tabela 2. Estoques de matéria orgânica do solo (MOS) em áreas com a inclusão de pastagens e em áreas mantidas em sistema plantio direto, exclusivamente com lavoura de grãos.

Local	Solo/profundidade	Pastagem	Grão ⁽¹⁾
Dourados, MS ¹	Latossolo (0–20 cm)	48,0	42,6 (13%)
Maracaju, MS ¹	Latossolo (0–20 cm)	61,4	56,6 (8%)
Campo Grande, MS ¹	Latossolo (0–20 cm)	50,5	47,4 (6,5%)
Planaltina, GO ²	Latossolo (0–30 cm)	52,7	59,9 (-12%)
Planaltina, GO ²	Latossolo (0–100 cm)	143,0	139,0 (3%)
Chupinguaia, RO ³	Nitossolo (0–30 cm)	61,4	53,4 (15%)
Santa Carmem, MT ³	Latossolo (0–30 cm)	61,5	56,4 (9%)
Santa Carmem, MT ³	Latossolo (0–30 cm)	62,8	56,4 (11%)
Montividiu, GO ³	Latossolo (0–30 cm)	73,0	60,9 (20%)

⁽¹⁾Valores entre parênteses representam o percentual de variação relativa do estoque de C no solo.

Fonte: Salton et al. (2005)¹, Jantalia et al. (2006)² e Carvalho (2010)³.

sistemas de produção exclusivo de grãos (Salton et al., 2005). Contudo, esse fenômeno não foi generalizado, pois, num Latossolo de Planaltina, DF, houve redução dos estoques de C na camada de 0 a 30 cm na ILP, em comparação com sistema de produção com grãos exclusivamente. Esses efeitos provavelmente decorrem do ciclo de pastagem adotado, bem como da quantidade de fertilizante aportado no sistema de produção de grãos.

As raízes, além de representarem uma entrada de C diretamente na matriz do solo, têm uma função fundamental na estabilização da MOS, pois atuam na agregação do solo, mais especificamente na formação e na manutenção dos agregados. Os efeitos benéficos das gramíneas sobre a agregação são atribuídos, principalmente, à alta densidade de raízes, que promove a aproximação de partículas por meio da constante absorção de água do perfil do solo, das periódicas renovações do sistema radicular e da uniforme distribuição dos exsudatos no solo. Esses exsudatos funcionam como agentes cimentantes e estimulam a atividade microbiana, cujos subprodutos atuam na formação e na estabilidade dos agregados, e favorecem sobremaneira a proteção física da MOS. O C orgânico retido no interior dos agregados no solo fica inacessível ao ataque de microrganismos e suas enzimas, ao mesmo tempo em que fornece um núcleo de formação e estabilização dos agregados. Esse mecanismo tem sido considerado o principal mecanismo de estabilização da matéria orgânica em solos tropicais manejados em sistema plantio direto (Boeni, 2007; Conceição et al., 2008).

A relação de dependência entre a MOS e a adição de resíduos exige que quantidades significativas de resíduos vegetais sejam aportadas anualmente ao solo, para que os estoques de C sejam mantidos. Zanatta e Salton (2010), ao analisarem resultados de um experimento de longa duração (15 anos), em Dourados, MS, detectaram a necessidade de adicionar anualmente 6,3 t ha⁻¹ ao ano de C para manter os estoques de C orgânico do solo em equilíbrio (Figura 7); portanto, adições superiores a tal valor poderão promover acúmulo de C no solo em SPD.

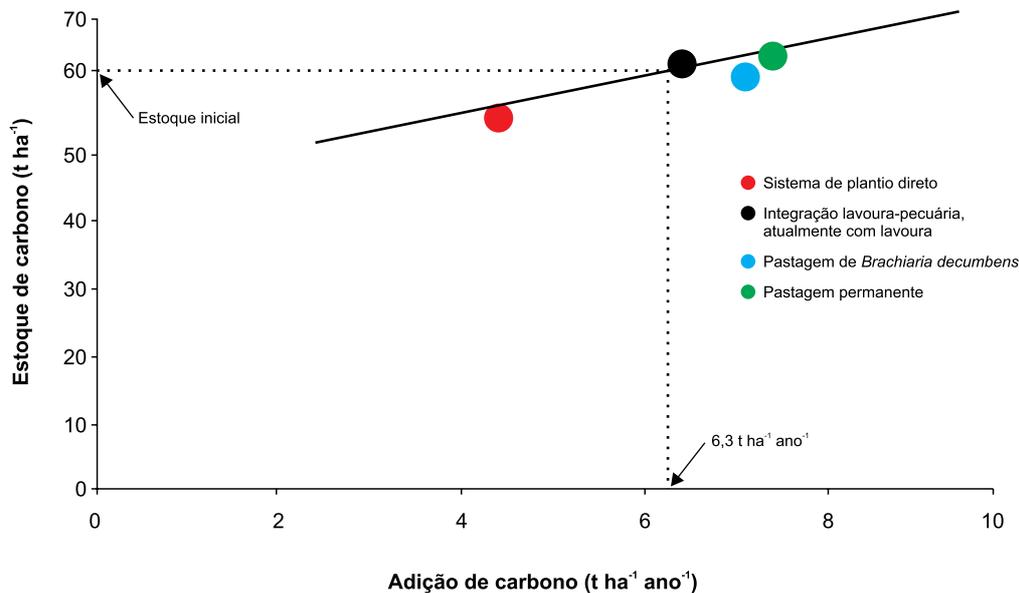


Figura 7. Relação entre o C adicionado pelos resíduos vegetais (parte aérea + raízes) e o estoque de C no solo (0 a 20 cm), em Dourados, MS.

Fonte: Adaptado de Zanatta e Salton (2010).

Investigando o potencial das culturas em adicionar C ao solo, e lembrando que, em média, 40% da MS das culturas é C, percebe-se que, com a combinação de pastagens no sistema de rotação de culturas, é possível atingir com segurança a necessidade de aporte de resíduos vegetais para manter ou aumentar os estoques de C no solo. Entretanto, é conveniente alertar para a retirada de resíduos vegetais provocada pelo pastejo. Isso exige maior atenção quando há animais nos sistemas integrados. Nesse caso, o manejo deve ser realizado de maneira que o excedente de pasto seja suficiente para atingir a adição mínima e manter e/ou aumentar os estoques de MOS.

Impacto de sistemas integrados nas propriedades do solo

Estudos conduzidos por Bertol et al. (1998), Aita et al. (2001), Torres et al. (2005, 2008), Espindola et al. (2006), Gama-Rodrigues et al. (2007), Boer et al. (2008), Salton et al. (2009) e Carvalho et al. (2010), em diferentes condições edafoclimáticas, têm comprovado os efeitos benéficos proporcionados pelos diferentes tipos de cobertura e de seus resíduos deixados sobre o solo, nos atributos químicos, físicos e no rendimento das culturas cultivadas em sucessão. As alterações decorrem principalmente da produção de matéria seca, do acúmulo e da liberação de nutrientes pela decomposição dos resíduos. Por consequência, a rotação de culturas e a manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo também promovem aumento da atividade biológica (Mercante et al., 2004), aumentam a capacidade de troca catiônica (CTC) e os teores de matéria orgânica, de P e de K nas camadas superficiais do solo (Bayer; Mielniczuk, 1997; Castro Filho et al., 1998; Santos; Tomm, 2003), bem como melhoram a disponibilidade de nutrientes (Salton et al., 2008a), além de indiretamente reduzirem a toxidez de Al^{+3} (Vieira et al., 2008).

De igual modo, as pastagens e os animais em sistemas agrícolas integrados podem acarretar mudanças nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, que, em última análise, afetam o crescimento e o desenvolvimento radicular, bem como a produção das culturas subsequentes (Silva et al., 2000; Albuquerque et al., 2001; Salton et al., 2001b; Flores et al., 2007). Todavia, a magnitude dessas modificações depende do manejo aplicado às áreas, podendo também variar de acordo com os seguintes aspectos: textura do solo, teores de matéria orgânica e de água do solo, quantidade de mantillo, cultura, intensidade e tempo de pastejo e espécie e categoria animal utilizada.

A seguir, serão discutidas as principais modificações nas propriedades dos solos em sistemas integrados.

Física do solo

As propriedades físicas do solo são inter-relacionadas, de modo que a alteração de uma delas normalmente leva a modificações nas demais.

Frequentemente, quando se pensa na inserção de pastagens nas áreas de lavouras, a primeira preocupação dos agricultores é com a compactação do solo, em razão do pisoteio animal, que pode afetar negativamente a produção das culturas, pelas modificações provocadas nas relações solo-ar-água.

Diversos estudos já foram conduzidos para investigar o efeito das pastagens e dos animais sobre a compactação do solo, mas os resultados não são conclusivos, indicando ora compactação (Albuquerque et al., 2001; Cassol, 2003), ora não (Balbinot Junior, 2007; Flores et al., 2007). Sob pastejo rotacionado, Boeni et al. (1995) monitoraram as alterações físicas provocadas pelo pisoteio animal e não verificaram diferenças na camada de 0 a 10 cm. Por sua vez, Salton et al. (2001a) avaliaram atributos físicos antes e depois da entrada de animais em áreas de lavoura cultivadas com pastagem integrada e verificaram aumento da densidade na camada de 0 a 5 cm e redução de 18% na macroporosidade. Contudo, numa análise mais profunda, verifica-se que as zonas de aumento da densidade concentram-se em alguns pontos da área que correspondem aos bebedouros, aos cochos e à porteira. Salienta-se, porém, que essas áreas ficam reduzidas a 3% da área total e que, em contrapartida, apresentam elevada concentração de nutrientes pela deposição preferencial dos dejetos (Lustosa, 1998).

De modo geral, a compactação do solo, quando observada em áreas com sistemas integrados, geralmente se restringe à camada superficial do solo (0 a 5 cm) e está associada à qualidade do manejo das pastagens. Na superfície do solo, o pisoteio causa compactação por dois motivos: a destruição mecânica dos agregados e o conseqüente rearranjo das partículas sólidas, que ainda pode ser facilitado em solos úmidos. Portanto, parece evidente que uma das formas de evitar esse processo de degradação do solo é manter a cobertura contínua do solo pelo mantilho. O mantilho funciona como uma espécie de amortecedor da pressão exercida pelos animais. Segundo Braidá et al. (2006), a presença de 12 t ha⁻¹ de palha dissipou mais de 25% da energia empregada na ação do pisoteio animal, e foi fundamental para aumentar a resistência do solo à compactação.

Como exemplo, em diferentes sistemas de produção em Planaltina, DF, Jantália et al. (2006) avaliaram a densidade do solo de um sistema integrado em comparação com uma lavoura de produção de grãos em SPD. Os autores não verificaram aumento dessa variável que justificasse compactação do solo após 14 anos de monitoramento (Tabela 3).

Diversos autores concordam que, mesmo que ocorra, a compactação superficial do solo nos sistemas integrados é revertida no cultivo da cultura em sucessão, sem prejuízo para a qualidade física do solo (Moraes; Lustosa, 1997; Salton et al., 2001b; Spera et al., 2004; Flores et al., 2007). Um dos motivos que ameniza a presença de camadas compactadas nos sistemas

Tabela 3. Densidade do solo após 14 anos da adoção dos diferentes sistemas de cultivo, em área sob Cerrado, em Planaltina, DF.

Profundidade (cm)	Integração lavoura-pecuária ⁽¹⁾		Lavoura		Cerrado
	SPD	PC	SPD	PC	
	(g cm ⁻³)				
0–5	1,23a	1,22a	1,23a	1,24a	1,12b
5–10	1,19a	1,18a	1,16a	1,20a	1,05b
10–20	1,16a	1,15a	1,09ab	1,7a	1,03b
20–30	1,12a	1,10ab	1,08ab	1,15a	1,01b
30–40	1,07a	1,06a	1,05a	1,08a	1,00a
40–60	1,00a	0,99a	1,01a	1,01a	0,97a
60–80	0,97a	0,97a	0,96a	0,98a	0,92a
80–100	0,94a	0,94a	0,92a	0,94a	0,91a

⁽¹⁾SPD = sistema plantio direto; PC = plantio convencional.

Letras diferentes, na coluna, indicam diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste de LSD de Student.

Fonte: Adaptado de Jantalia et al. (2006).

integrados certamente é a presença da própria pastagem no sistema, que, com sistema radicular agressivo e abundante, pode contribuir na formação de poros e de agregados estáveis, que favorecem uma adequada relação água-ar. Flores et al. (2007) sugerem ainda que a própria operação de semeadura ajuda a romper camadas superficiais compactadas pela presença dos animais.

O efeito positivo das forrageiras sobre a alteração da densidade do solo foi verificado com clareza quando elas foram cultivadas isoladamente ou em consórcio com milho. Porém, no caso do consórcio, o efeito não foi tão evidente, possivelmente em razão do trânsito de máquinas na semeadura, dos tratos culturais e da colheita do milho (Figura 8). No primeiro caso, os efeitos diferem até mesmo em profundidade. Na superfície, a menor densidade do solo foi observada com cultivo de *U. ruziziensis* e, em maior profundidade, com 'Xaraés' e 'Tanzânia', o que coincidiu com a maior profundidade do sistema radicular dessas espécies.

As raízes das pastagens, principalmente de gramíneas tropicais, promovem ação mecânica positiva sobre o solo, pois acessam maior volume de solo e atingem maiores profundidades. Depois da sua decomposição, além de contribuírem para a MOS, deixam galerias que favorecem o crescimento de raízes das culturas subsequentes, a infiltração de água e ar, e até mesmo o deslocamento de nutrientes e dos corretivos agrícolas no perfil do solo (Silva et al., 2002; Flores et al., 2007). Gale et al. (2000) enfatizam a dependência da formação e da estabilidade de macroagregados para com a adição continuada de C e os exsudatos derivados de raízes. Souza et al. (2010) ressaltam que o sistema integrado, em intensidade moderada de pastejo, é o sistema mais eficiente no que se refere à melhoria da estrutura do solo.

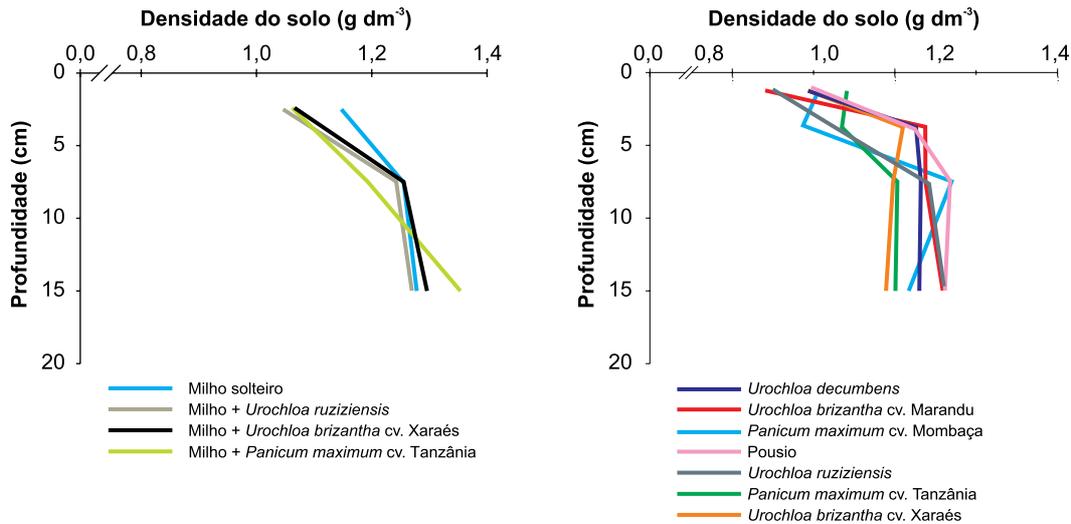


Figura 8. Densidade do solo avaliada após o cultivo de forrageiras solteiras, ou em consórcio com milho, durante a entressafra de 2007, e da soja em sequência, safra 2007–2008, em São Gabriel do Oeste, MS.

Fonte: Adaptado de Salton et al. (2009).

A causa mais comum da compactação do solo em sistemas integrados é o manejo inadequado. O uso indiscriminado de implementos para revolver o solo, o excessivo tráfego de máquinas e implementos e o pisoteio de animais sem controle podem causar compactação do solo. As pressões exercidas pelos pneus de máquinas agrícolas ou pelos animais podem causar compactação, principalmente em condições de elevada umidade. A ação do pisoteio animal sobre o solo depende, porém, dos seguintes fatores: espécie e idade dos animais, pressão de pastejo, classe do solo, cobertura vegetal, espécie forrageira e movimentação animal (Salton et al., 2001b; Marchão et al., 2009). Embora o pisoteio animal tenha potencial para provocar compactação, esse processo sempre está associado ao superpastejo ou à superlotação animal da área, pois esses fatores provocam uma retirada substancial da cobertura do solo e deixam o solo propenso à ação direta dos animais.

Os prejuízos decorrentes da compactação do solo podem incluir a queda da produtividade das culturas, principalmente em anos de déficit hídrico. Por isso, evitar esse problema é a melhor solução. As medidas para evitar a compactação do solo e os problemas na estrutura física pelo uso de sistemas integrados começam na escolha da espécie forrageira a ser implantada. Para tanto, é imprescindível levar em conta que as forrageiras variam quanto ao hábito de crescimento e, conseqüentemente, quanto à taxa de cobertura ou proteção do solo. Alegre e Lara (1991) observaram uma menor taxa de infiltração de água nas misturas constituídas de espécies de hábito ereto, que não protegem o solo do efeito direto do pisoteio, favorecendo, com isso, a sua compactação superficial. Os plantios de gramíneas que promovem adequada cobertura do solo

em relação à distribuição do peso dos animais impedem o contato direto desses com áreas do solo desprotegidas, além de evitar o surgimento de áreas com degradação da estrutura física superficial, o que constitui porta de entrada da água no solo.

Outros cuidados também asseguram menor risco de compactação do solo em sistemas integrados, como o adequado ajuste da lotação animal, considerando-se a umidade do solo e a taxa de suporte da pastagem. Essa prática preserva a camada de mantilho, que também impede o contato direto do casco dos animais com o solo e seus efeitos nocivos à estrutura física.

O resíduo vegetal, além desse efeito imediato na resistência do solo à compactação, torna o solo resiliente às pressões externas. Esse efeito está relacionado ao aumento dos estoques de MOS, que, por sua vez, reduzem a densidade global do solo. É muito importante lembrar que, além da taxa de cobertura permanente do solo, durante o ciclo da forrageira, para evitar a compactação, é necessário manter, por ocasião da entrada ou do retorno à lavoura de grãos, uma quantidade de resíduo vegetal suficiente para viabilizar o SPD, sem o qual a qualidade do solo e a sustentabilidade do sistema integrado ficam comprometidas.

Para solos que já apresentam esse tipo de problema, a reversão do processo de compactação pode ser conseguida biologicamente pela ação do sistema radicular da própria pastagem e também pela atividade da macro e da mesofauna do solo. Nesse sentido, o período de descanso da pastagem deve ser rigorosamente respeitado. Esse período é suficiente para promover o acúmulo de fitomassa na parte aérea da pastagem, o que se prestará também a evitar o contato direto dos animais com o solo. A rotação das pastagens com cultivos agrícolas também representa um bom período de descanso, no qual o efeito regenerador do solo é realizado por ação do crescimento dos cultivos anuais, desde que essa rotação seja estabelecida em condições de semeadura direta.

Além dos aspectos de manejo das pastagens e dos animais, os efeitos dos dejetos animais também devem ser considerados sobre os atributos físicos do solo. As áreas de influência das excreções animais são pontos de intensa atividade biológica no solo; por isso, podem promover modificações na estrutura física e nos atributos químicos, como a redução da densidade do solo e o aumento da concentração de nutrientes, em comparação com solos sem adição de dejetos (Herrick; Lal, 1995). Segundo Miranda et al. (1998), é significativo o volume de dejetos frescos incorporado ao solo por coleópteros, bem como sua consequente contribuição na elevação dos teores de fósforo (P) e nitrogênio (N) no solo. Além disso, os canais resultantes da atividade desses besouros alteram substancialmente a porosidade de aeração e a dinâmica de infiltração e drenagem de água no solo. Logicamente, esse efeito é mais intenso na camada superficial, e é minimizado à medida que se afasta da zona central de localização do dejetos, vertical ou horizontalmente (Franzluebbers et al., 2000).

Química do solo

O principal efeito das pastagens sobre a química dos solos está na ciclagem dos nutrientes do sistema, ou seja, o fato de deslocá-los das camadas mais profundas para a superfície do solo torna-os disponíveis para a cultura sucessora. A ciclagem biológica dos nutrientes por meio dos resíduos vegetais é um processo que resulta na conservação de nutrientes no sistema agrícola, favorecendo a sobrevivência e a produção de grande quantidade de biomassa. A elevada taxa de produção de matéria seca das forrageiras permite que grande quantidade de nutrientes fique disponível na forma orgânica e, assim, não sejam perdidos do sistema por erosão, volatilização ou lixiviação.

A complexidade do manejo dos nutrientes num sistema integrado se deve à presença de animais, que interferem na distribuição dos nutrientes na área, formando zonas ou manchas. Porém, em comparação com sistemas de culturas anuais, as pastagens são mais eficientes em aumentar a intensidade da ciclagem de nutrientes, já que os animais são considerados catalisadores dos processos de ciclagem. As pastagens aceleram a taxa de ciclagem dos nutrientes no solo, seja pelo efeito direto da absorção e posterior decomposição dos resíduos vegetais (Salton et al., 2008a), seja pelo estímulo indireto à atividade biológica (Mercante et al., 2004). Além da ciclagem, as pastagens têm importante função na redistribuição dos nutrientes no perfil do solo. Elas os absorvem em camadas mais profundas e os recoloca em camadas superficiais. A Tabela 4 apresenta, para dois locais de Mato Grosso do Sul, as quantidades de nutrientes disponibilizados por algumas espécies forrageiras e disponíveis para a cultura em sucessão, quando as forrageiras foram cultivadas no período de outono/inverno. Nesse caso, a oferta dos nutrientes inicia-se logo após a dessecação e continua durante o período de decomposição da palha, a qual permanece sobre o solo, atendendo aos preceitos do SPD.

A quantidade de nutrientes liberados pela decomposição das forrageiras varia de acordo com o ambiente, em razão das condições de temperatura e precipitação preponderantes (Tabela 4). Mas, de maneira geral, percebe-se que quantidades apreciáveis de N, Ca, Mg e K são disponibilizadas às culturas em sucessão por meio das forrageiras. Em sistemas em que as forrageiras são cultivadas em épocas sem restrição hídrica, esses valores são praticamente duas vezes maiores (Lara Cabezas et al., 2004; Torres et al., 2008; Fabian, 2009).

Antigamente, acreditava-se que, em sistemas integrados, o pastejo aumentaria a exportação de nutrientes do solo, o que reduziria a capacidade produtiva do solo e, conseqüentemente, comprometeria a produção da lavoura. Atualmente, sabe-se, porém, que grande parte dos nutrientes retirados do solo pelas pastagens retorna a ele por meio dos dejetos e da urina dos animais, e em curto intervalo de tempo. Além disso, a retirada de nutrientes pelo gado bovino de corte é muito reduzida em comparação com o total de nutrientes mobilizados pelas pastagens. Em alguns casos, como para o gado leiteiro, a extração de nutrientes via leite pode ser até maior.

Tabela 4. Quantidade de nutrientes reciclados e disponibilizados por forrageiras, durante o ciclo da soja (2006–2007), em dois ambientes de Mato Grosso do Sul.

Nutriente	DEC ⁽¹⁾	RUZ ⁽²⁾	MAR ⁽³⁾	XAR ⁽⁴⁾	TAN ⁽⁵⁾	MOM ⁽⁶⁾
	(kg ha ⁻¹)					
	São Gabriel do Oeste					
Nitrogênio	40,4	40,8	62,7	45,0	42,0	52,6
Fósforo	2,7	2,8	4,2	3,1	2,5	3,1
Potássio	8,8	7,8	10,4	12,5	9,7	11,7
Cálcio	16,6	21,0	25,8	16,5	21,9	30,0
Magnésio	8,3	9,2	15,4	12,0	9,9	14,9
Enxofre	4,3	4,7	5,8	4,6	4,8	5,5
Dourados						
Nitrogênio	18,8	12,1	21,2	35,0	14,3	25,9
Fósforo	1,3	0,9	1,5	2,0	0,9	1,5
Potássio	2,5	1,0	2,4	7,8	2,5	4,8
Cálcio	11,0	7,2	10,1	16,5	9,4	17,6
Magnésio	4,1	2,2	3,5	7,3	3,1	5,5
Enxofre	3,9	3,2	4,9	5,5	2,9	5,3

⁽¹⁾*Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *decumbens*. ⁽²⁾*Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *ruziziensis*. ⁽³⁾*Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *brizantha* 'Marandu'. ⁽⁴⁾*Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *brizantha* 'Xaraés'. ⁽⁵⁾*Panicum maximum* 'Tanzânia'. ⁽⁶⁾*P. maximum* 'Mombaça'.

Fonte: Adaptado de Salton et al. (2008a).

Os excrementos animais, estudados como um potencial fertilizante, contêm aproximadamente 0,38% de N, 0,18% de P₂O₅ e 0,22% de K₂O; enquanto a urina fresca contém cerca de 1,10% de N, 0,01% de P₂O₅ e 1,15% de K₂O (Petersen et al., 1956). A Tabela 5 apresenta o retorno dos nutrientes ao solo pela urina e pelas fezes de animais em pastagem. Pauletti (2004) descreve que a quantidade de dejetos produzidos por dia por bovinos com peso em torno de 450 kg é de 23,5 kg de esterco e 9,1 kg de urina. A concentração média de nutrientes na matéria seca do esterco é de 2,7% de N, 1,8% de K, 1,0% de Ca, 0,8% de P e Mg e 0,4% de enxofre (S). Os nutrientes absorvidos estarão novamente disponíveis para as plantas, seja para a forrageira, seja para a lavoura de grãos.

Alguns nutrientes, como o P, o cálcio (Ca), o magnésio (Mg), o S, o cobre (Cu), o zinco (Zn), o ferro (Fe) e o manganês (Mn), são eliminados pelas fezes, enquanto o potássio (K) é excretado predominantemente pela urina (de 70% a 90%). Outros nutrientes, como o N, o sódio (Na) e o cloro (Cl), são excretados tanto pela urina quanto pelas fezes. Haynes e Williams (1993) afirmam que, numa pastagem intensivamente utilizada, que produz 15 t ha⁻¹ de MS, é possível reciclar aproximadamente 100 kg ha⁻¹ de N, 38 kg ha⁻¹ de K, 34 kg ha⁻¹ de P e 14 kg ha⁻¹ de S, pelas fezes de bovinos.

Além do maior volume de nutrientes mobilizados pelos resíduos e/ou pelos excrementos, em sistemas integrados com pastejo há maior taxa de mineralização desses nutrientes, em razão

Tabela 5. Distribuição (%) dos nutrientes retornados à pastagem pela deposição dos dejetos de bovinos em pastejo, via fezes e urina.

Nutriente	Via urina (%)	Via fezes (%)
Nitrogênio	60–70	30–40
Fósforo	Traços	~ 99
Potássio	70–90	10–30
Cálcio	< 5	> 95
Magnésio	10–30	70–90
Enxofre	5–10	90–95
Ferro	Traços	~ 99
Manganês	Traços	~ 99
Zinco	Traços	~ 99
Cobre	Traços	~ 99
Boro	99	Traços
Sódio	60–80	20–40
Cloro	55–70	30–45

Fonte: Adaptado de Moraes e Lustosa (1997).

da mastigação e da digestão da massa vegetal pelos animais (Powwell; Williams, 1993). Por exemplo, a mineralização de N em regiões temperadas em condições de um bom manejo de culturas é frequentemente na ordem de 2% a 3% do N total do solo; enquanto, em áreas de pastagens bem manejadas, alcançam de 6% a 9% (Hatch et al., 1991, citado por Russelle, 1997).

Apesar do retorno da maior parte dos nutrientes ao solo, via fezes e urina, a distribuição na área é desuniforme e, no caso do N, as perdas por lixiviação e principalmente por volatilização de NH_3 podem ser consideráveis. Nas áreas de pastagens, esse efeito é confirmado pela presença de zonas com maior desenvolvimento vegetal, o que sinaliza maior disponibilidade de nutrientes, especialmente de N (Figura 9). Os nutrientes, numa mancha de fezes, podem atingir 130 kg ha^{-1} de N, 50 kg ha^{-1} de K, 35 kg ha^{-1} de P e 13 kg ha^{-1} de S (Williams; Haynes, 1995). As manchas ou “patches”, como também são denominadas, além de maior concentração de nutrientes, apresentam maior atividade biológica. O efeito do maior crescimento vegetal é verificado numa zona de influência superior à área delimitada pelos dejetos animais, pelo efeito de borda. De acordo com Salton e Carvalho (2007), depois de um único pastejo em sistema intermitente, cerca de 4% a 9% da superfície da pastagem será afetada pela urina e cerca de 1% pelas fezes. Apesar de possível, a completa cobertura da área depende do manejo animal, mas é bastante improvável. Isso reforça a importância da contribuição da fitomassa das forrageiras na redistribuição dos nutrientes, por meio dos resíduos vegetais, diferentemente do que se dá com as excreções animais, que são distribuídas de forma desuniforme na pastagem (Monteiro; Werner, 1997).



Figura 9. Manchas de pastagem mais bem desenvolvida em decorrência da deposição desuniforme de dejetos animais em área de rotação soja/*Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *decumbens*.

Outros efeitos positivos – como maior eficiência na correção da acidez do solo e melhoria dos indicadores de calagem – também são creditados à presença de pastagens em sistemas integrados. Esse resultado está relacionado a dois pontos complementares: maior atividade biológica, que favorece a incorporação natural do calcário por poros e galerias deixados pela fauna edáfica, e maior produção de ácidos orgânicos de baixo peso molecular durante a decomposição de dejetos orgânicos. Esses ácidos orgânicos de baixo peso molecular funcionam como ligantes orgânicos, que facilitam o deslocamento de íons Ca^{+2} e Mg^{+2} no perfil do solo, bem como amenizam o efeito do Al^{+3} tóxico (Miyazawa et al., 1993; Franchini et al., 2000; Vieira et al., 2008).

Alguns estudos também relacionam a presença de forragem com o aumento da disponibilidade de P no solo. Esse fenômeno se deve a dois fatores principais: ao aumento do P microbiano, considerado lábil e biologicamente disponível na rizosfera das plantas, e ao aumento da atividade da enzima fosfatase ácida (Merlin, 2008). Esses mesmos autores verificaram que o cultivo de *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *ruzizensis* aumentou as formas de P lábil no perfil do solo, mas que, num único cultivo, não foi suficiente para suprir a nutrição da cultura sucessora.

Adequação das pastagens ao sistema de rotação com lavoura

Assim como a aveia é apontada na região Sul do Brasil como a cultura responsável pela expansão do SPD naquela região, o milheto desempenha esse papel na região central do Brasil

(Salton et al., 2001a). O uso de espécies forrageiras como as dos gêneros *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*), *Panicum*, *Andropogon*, *Cynodon* e *Pennisetum* vêm despertando o interesse de agricultores e pesquisadores (Corrêa; Santos, 2003; Macedo; Zimmer, 2007). Essas forrageiras têm grande potencial de manter a palha sobre o solo por causa da sua alta relação C:N, o que retarda sua decomposição e aumenta a possibilidade de utilização em regiões mais quentes, já que a maior limitação do SPD nessas áreas é a produção e a manutenção de palha sobre o solo, que rapidamente se decompõe (Plantio..., 2005).

Os principais fatores a serem considerados na escolha e na adequação de uma espécie forrageira para a rotação com lavoura são: a) objetivo do cultivo da forrageira (pastejo ou cobertura); b) adaptação às condições de solo; c) potencial produtivo; d) exigência de manejo; e e) preço e qualidade das sementes disponíveis no momento, que variam muito de acordo com as condições de mercado.

Quanto aos objetivos, se para cobertura ou pastejo, um aspecto importante a ser observado é a dificuldade de controlar a pastagem (dessecação) no momento de ser substituída pela lavoura. As limitações na dessecação decorrem do elevado porte de algumas espécies forrageiras, além da especial resistência a herbicidas, que podem constituir o que é conhecido como “efeito guarda-chuva”, o que impede a eficiente ação dos desseccantes. Quando o objetivo da pastagem for também a alimentação animal, vários fatores deverão ser observados: a produtividade de matéria seca, a resistência ao pisoteio, o conteúdo de proteína bruta, a digestibilidade e a aceitabilidade da forrageira pelos animais.

Uma pastagem bem formada também depende da disponibilidade de sementes de qualidade. A partir do ano 2000, houve a qualidade das sementes de forrageiras melhoraram significativamente, principalmente em decorrência da mecanização do processo de colheita, que tornou os preços mais acessíveis e melhorou a qualidade do produto. No entanto, esse processo ainda pode ser aperfeiçoado, principalmente no que se refere à pureza e à germinação.

As forrageiras utilizadas em rotação com as lavouras de grãos variam de acordo com a região e com o tipo de manejo que se pretende adotar. Quando o objetivo é apenas produzir palha para viabilizar o SPD e/ou realizar rotações de ciclo curto, com período de pastejo relativamente curto, recomendam-se: *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *ruzizensis*, *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *decumbens*, *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *brizantha* ‘Marandu’ e *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *brizantha* ‘Piatã’, considerando-se a facilidade de controle e o menor porte das pastagens. Quando o objetivo é utilizar a forrageira para pastejo e a produção de carne ou leite, além da produção de palhada, as mais indicadas são: *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *brizantha* ‘Piatã’, *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *brizantha* ‘Xaraés’, *P. maximum* ‘Massai’, *P. maximum* ‘Tanzânia’ e *P. maximum* ‘Mombaça’.

Na Tabela 6, são descritas algumas características das principais forrageiras utilizadas em sistemas integrados na região Centro-Oeste.

Tabela 6. Características de forrageiras utilizadas em sistema de integração lavoura-pecuária na região Centro-Oeste do Brasil.

Espécie	Porte e hábito de crescimento	Condição de solo	Produção de matéria seca (MS) e qualidade da forragem	Vantagem	Desvantagem	Ilustração
<i>Urochloa</i> (Syn. <i>Brachiaria</i>) <i>ruzizensis</i>	Touceiras semieretas de até 1 m de altura e produz rizomas curtos, além de estolões	Não tolera solos mal drenados, requer solos de média fertilidade e é pouco sensível à acidez do solo	Pode produzir numa estação mais de 10 t ha ⁻¹ Em consórcio com milho, essa quantidade é menor Tem alta digestibilidade (> 80% quando jovem) e teores de proteína de até 9%	Entre o gênero <i>Urochloa</i> (Syn. <i>Brachiaria</i>), é considerada a que produz forragem de maior palatabilidade e melhor qualidade Satisfatória produção de sementes e fácil controle	Se comparada à <i>Urochloa</i> (Syn. <i>Brachiaria</i>) <i>decumbens</i> , é menos tolerante à seca e ao frio Susceptibilidade a várias espécies de cigarrinha-das-pastagens (<i>Decis flavopicta</i>) Menor produção de matéria seca se comparada à <i>B. decumbens</i>	
<i>Urochloa</i> (Syn. <i>Brachiaria</i>) <i>decumbens</i>	Porte baixo, hábito de crescimento decumbente	Adapta-se a solos de fertilidade média a baixa	10 t ha ⁻¹ de MS em apenas 110 dias, com teor de proteína bruta de 7% a 9%	Possui alta resistência ao pisoteio e permite os primeiros pastejos aos 90 dias após a semeadura	Baixa resistência à cigarrinha-das-pastagens	

Continua...

Tabela 6. Continuação.

Espécie	Porte e hábito de crescimento	Condição de solo	Produção de matéria seca (MS) e qualidade da forragem	Vantagem	Desvantagem	Ilustração
<i>Urochloa</i> (Syn. <i>Brachiaria</i>) <i>brizantha</i> 'Marandu'	Elevado porte (até 1,5 m altura), com hábito de crescimento na forma de touceira (cespitosa)	Adapta-se a solos de média fertilidade	Anualmente produz 8 t ha ⁻¹ , mas pode superar 20 t ha ⁻¹ quando fertilizada adequadamente O teor de proteína bruta varia de 10% a 15%	Resistente às cigarrinhas e bom desempenho sob sombreamento	Desenvolvimento inicial mais lento que a <i>Urochloa</i> (Syn. <i>Brachiaria</i>) <i>decumbens</i> ; por isso, pode favorecer o aparecimento de plantas daninhas Tem baixa resistência ao cultivo em áreas úmidas	
<i>Urochloa</i> (Syn. <i>Brachiaria</i>) <i>brizantha</i> 'Piatã'	Crescimento ereto e cespitoso, formando touceiras que podem atingir altura entre 0,85 m e 1,10 m	Exige média fertilidade, semelhante à dos capins brizantão e xaraés	Em média, produz 9,5 t ha ⁻¹ de MS por estação, com 57% de folhas. Conteúdo de proteína bruta médio de aproximadamente 8,3%, com 50,1% de digestibilidade	Mais produtiva que as <i>Urochloa</i> (Syn. <i>Brachiaria</i>) <i>brizantha</i> 'Marandu' e 'Xaraés' em razão do maior predomínio de folhas em relação aos colmos Resistência às cigarrinhas típicas de pastagens Boa produção, também no período das secas	Suscetível ao ataque da cigarrinha-da-cana (<i>Diatraea saccharalis</i>)	

Continua...

Tabela 6. Continuação.

Espécie	Porte e hábito de crescimento	Condição de solo	Produção de matéria seca (MS) e qualidade da forragem	Vantagem	Desvantagem	Ilustração
<i>Urochloa</i> (Syn. <i>Brachiaria</i>) <i>brizantha</i> 'Xaraés'	Crescimento cespitoso, com porte que pode chegar a 1,5 m de altura	Sensivelmente mais tolerante a solos com drenagem deficiente do que a cultivar Marandu Apesar de adaptada a solos ácidos, produz melhor em solos corrigidos e fertilizados	Até 21 t ha ⁻¹ de MS com 70% dessa produção em folhas e concentrada no período chuvoso (70%) Teores médios de proteína nas folhas de 10%	Elevado potencial produtivo	Apresenta suscetibilidade à cigarrinha-das-pastagens e à mela-das-sementes, principalmente quando em condições de alta umidade e baixa temperatura, frequentemente associadas à ocorrência de frentes frias durante o florescimento; e maturação tardia das sementes	

Continua...

Tabela 6. Continuação.

Espécie	Porte e hábito de crescimento	Condição de solo	Produção de matéria seca (MS) e qualidade da forragem	Vantagem	Desvantagem	Ilustração
<i>P. maximum</i> 'Massai'	Apresenta-se na forma de touceiras de folhas finas, com grande número de perfilhos e altura de 60 cm	Apresenta menor exigência em P e mais tolerância ao alumínio entre as cultivares de <i>P. Maximum</i>	Produz cerca de 20 t ha ⁻¹ de MS ao ano, com teores de proteína médios de 9% nas folhas, representando 80% da massa total na estação chuvosa, e decaindo para 18% na estação seca	Cultivar muito rústica, de fácil manejo e que fornece boa cobertura de solo Entre as cultivares de <i>Panicum</i> é a mais resistente às cigarrinhas-das-pastagens, apresentando baixos níveis populacionais de adultos e ninfas no campo É tolerante ao sombreamento		
<i>P. maximum</i> 'Tanzânia'	Hábito de crescimento cespitoso, chegando a altura de 1,30 m, com folhas decumbentes	Exigente em P e K, não recomendado para solos de baixa fertilidade	Até 30 t ha ⁻¹ ao ano se adequadamente adubada. Teores de proteína médios de 16% nas folhas e 9% no colmo. As folhas representam 80% da produção anual, concentrada na época chuvosa (90%)	Cultivar de elevada produtividade. Possui maior resistência às cigarrinhas-das-pastagens do que a cultivar Mombaça	Difícil manejo de dessecação, ocorrendo com frequência o efeito guarda-chuva	

Continua...

Tabela 6. Continuação.

Espécie	Porte e hábito de crescimento	Condição de solo	Produção de matéria seca (MS) e qualidade da forragem	Vantagem	Desvantagem	Ilustração
<i>P. maximum</i> 'Mombaça'	Hábito de crescimento cespitoso, com altura de até 1,30 m e folhas decumbentes	Responsiva à adubação de NPK mais que a cultivar Tanzânia	Teores de proteína ao redor de 12% no período das águas e 9% na estação seca	É medianamente resistente às cigarrinhas, porém é menos resistente que a cultivar Tanzânia		

Fotos: Júlio Cesar Salton

Fonte: Informações baseadas em Valerio e Koller (1993), Jank et al. (1994, 2005), Massai (2001), Valle et al. (2001, 2004, 2007), Crispim e Branco (2002), Candido et al. (2005), Ceccon (2007), Machado et al. (2007), Euclides et al. (2008, 2009), Oliveira, (2008), Valério et al. (2009), Machado (2010).

Ciclos e duração dos componentes de sistemas ILP

A duração de cada ciclo de pastagem ou de lavoura em sistemas integrados vai depender do sistema adotado. Pode-se utilizar a pecuária por um período de 1 mês a 5 anos e retornar novamente com a lavoura por 5 meses a 5 anos, e assim sucessivamente. No entanto, estudos têm demonstrado que ciclos de pastagem e/ou de lavoura maiores que 2 anos podem ocasionar perda da qualidade do solo. Salton et al. (2005) e Boeni (2007) avaliaram experimentos em MS e concluíram que, após 2 anos de pastagens, já são detectadas reduções dos teores de matéria orgânica particulada, que é a fração lábil da MOS, e da estabilidade dos agregados do solo, o que pode expor o solo a processos de degradação química e física e à depreciação da qualidade.

Algumas particularidades regionais podem influenciar na duração do ciclo de pastagem num sistema ILP. Em regiões com clima e solo favorável para a lavoura de grãos, pode-se utilizar a pecuária por 6 a 18 meses, e a lavoura por 2 ou mais anos, priorizando os resultados econômicos do sistema. Nesse sentido, os ciclos de pastagens podem aumentar a produção de palhada para o plantio direto, reduzir a incidência de pragas, de doenças e de riscos climáticos. Essas ponderações de ordem técnica podem refletir diretamente na lucratividade do sistema e devem ser consideradas na determinação do tempo de cada fase do sistema integrado.

Em regiões com clima e solo desfavoráveis para as lavouras de grãos, deve-se utilizar a lavoura por 1 ano e a pecuária por 2 ou mais anos. Nesse caso, as lavouras de grãos têm por principal objetivo recuperar as pastagens degradadas, com a finalidade de aumentar a produtividade e a qualidade das forragens e potencializar a produtividade e a lucratividade da pecuária.

Consórcio milho-pastagem

O cultivo simultâneo da forrageira com a cultura de grãos pode ser uma estratégia importante para a formação da pastagem e a produção de palhada para a cobertura do solo, bem como para a produção de grãos, no mesmo período do ano. Inicialmente desenvolvido com o arroz de sequeiro para a formação de novas pastagens de braquiária na região do Cerrado, essa forma de cultivo foi posteriormente aperfeiçoada para as culturas de sorgo e milho (Figura 10). Tal forma de cultivo, ou consórcio, para a formação de pastagens pode ser implantado na safra de verão, ou das águas, e também na safrinha, ou de outono/inverno. Contudo, quando realizado no período de verão, há maior disponibilidade de água e maior crescimento das culturas. Nesse período, poderá ser utilizada maior área da propriedade para a lavoura e, por consequência, maior área para a formação de pastagem, o que proporcionará maior quantidade de pasto após a colheita do milho, em comparação com o consórcio implantado na safrinha. No verão, as condições são ideais para o crescimento da forrageira após a maturação do milho, enquanto, na safrinha, a



Figura 10. Consórcio entre milho e *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *ruziziensis* (A e B), com semeadura da forrageira nas entrelinhas do milho.

maturação do milho coincide com o período seco e/ou frio, o que resulta em menor crescimento da forrageira e menor quantidade de pasto. A implantação pode ser feita também no outono/inverno, desde que haja planejamento para a utilização de outros alimentos antes da colheita do milho, considerando-se que esse é um longo período de baixa oferta natural de pasto.

Há três fatores que estabelecem a diferença entre cultivos de verão e de safrinha e interferem diretamente no crescimento das culturas: a disponibilidade de água, a luz solar e a temperatura. Durante o cultivo de verão, a intensidade com que esses fatores atuam aumenta com o desenvolvimento das culturas; no entanto, no período de entressafra, ela diminui. Dessa forma, a produção de massa será menor na safrinha, enquanto a competição entre as espécies será maior. Nesse caso, diferentes arranjos de plantas devem ser ajustados, com maiores populações no verão e menores na safrinha.

Há vários métodos de implantação do consórcio, conforme se vê na Tabela 7. Para a implantação do consórcio, a semeadura do milho é feita normalmente como se fosse cultivado solteiro, na respectiva estação de cultivo.

As sementes da forrageira podem ser misturadas ao adubo, desde que ele não seja distribuído em grande profundidade. Essa é uma operação trabalhosa que deve ser realizada próximo da hora da semeadura, em razão do risco de salinização das sementes, e consequente perda de poder germinativo. As sementes podem ser distribuídas a lanço quando implantadas na safra de verão, mas, tanto no verão quanto na safrinha, deve ser dada preferência à implantação

Tabela 7. Métodos de semeadura do consórcio de milho safrinha com *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *ruziziensis*, empregados na região Centro-Oeste, em 2007.

Método	Época de implantação	Espaço entre linhas de milho (m)	Disposição da semente no solo	Mecanismos de implantação da braquiária
1	Semeadura do milho	0,45 e 0,50	Próximo à linha do milho	Misturada ao fertilizante
2	Semeadura do milho	0,45 e 0,50	Próximo à linha do milho	Caixa adicional para semente da forrageira
3	Semeadura do milho	0,45 e 0,50	A lança	Operação adicional com distribuidor de fertilizante
4	Semeadura do milho	0,45 e 0,50	Linhas de 0,2 m	Operação adicional com semeadora de grãos miúdos
5	Semeadura do milho	0,80 e 0,90	Linhas de 0,2 m	Operação adicional com semeadora de grãos miúdos
6	Semeadura do milho	0,80 e 0,90	Na entrelinha do milho	Com disco de sorgo na caixa da entrelinha
7	Adução de cobertura	0,80 e 0,90	Na entrelinha do milho	Operação adicional com distribuidor de fertilizante

Fonte: Adaptado de Ceccon e Machado (2010).

com semeadora, a fim de proporcionar uma distribuição e a uma incorporação das sementes mais uniformes. A quantidade de sementes a ser utilizada por área deve ser calculada de acordo com a germinação das sementes, e não apenas segundo sua viabilidade, que está indicada nas embalagens. Nesse caso, dois sistemas merecem ênfase: 1) implantação com duas operações de semeadura; 2) semeadura do milho com linha intercalar de braquiária, em semeadura simultânea.

Implantação com duas operações de semeadura

Esta implantação consiste simplesmente em executar duas operações, as quais devem preferencialmente ser realizadas o mais próximo possível uma da outra, a fim de garantir a implantação das duas espécies. Utiliza-se uma semeadora de grãos miúdos para a semeadura da forrageira. Para o milho, utiliza-se a semeadora convencional de soja e milho. A profundidade de semeadura do milho e do capim deve estar entre 4 cm e 6 cm, a fim de garantir o estabelecimento. A semeadura muito superficial (de 0 a 2 cm de profundidade) é vulnerável a períodos de estiagem, o que pode dificultar a formação do estande ideal.

Implantação com linha intercalar

A implantação do consórcio pode ser feita com a mesma semeadora utilizada para a soja, a qual deve ser ajustada para a semeadura de uma linha de milho e outra de braquiária. Na linha do

milho, utiliza-se um disco para semear milho. Na linha de braquiária, deve-se usar um disco para semear sorgo, com uma fileira de furos de 5 mm de diâmetro. O valor cultural (VC) da semente e o número de furos no disco determinam a população da forrageira.

A adubação deve ser feita apenas na linha do milho, o que diminui a competição entre a braquiária e o milho. Dessa forma, não é necessário aplicar herbicida pós-emergente para suprimir a braquiária. A competição também pode ser evitada com a diminuição da população de plantas de braquiária.

Depois da colheita do milho safrinha, é importante ocupar o local com o pastejo por animais, para facilitar a entrada de luz e, conseqüentemente, melhorar a rebrota da forrageira. Além disso, quanto mais tardiamente for realizada a dessecação da forrageira para a semeadura da soja em sucessão, maior será a produção de massa, e também melhor deverá ser a eficiência do herbicida dessecante.

Considerações finais

No cenário global, o Brasil destaca-se como grande produtor de alimentos, fibras e energia, e como exportador de commodities agrícolas. É essa posição de destaque que garante o desenvolvimento de máquinas, insumos agrícolas e tecnologias de produção. Essa pujança, porém, não deve prescindir de sistemas de produção sustentáveis para continuar suprindo a demanda crescente.

Formas de produção com baixo aporte de resíduos, caracterizadas por monocultivos de verão, revolvimento e baixa cobertura do solo, é um dos desafios a ser superado para a construção de sistemas sustentáveis na região tropical do País, onde ainda existem extensas áreas com pastagens degradadas e lavouras anuais, que coexistem isoladamente, além de áreas mantidas em pousio. A inserção de forrageiras em áreas utilizadas exclusivamente para grãos, em plantio direto, tem ajudado a identificar formas de produção compatíveis com a agricultura conservacionista. Os sistemas integrados de produção, sob plantio direto, em contraste com os baseados apenas em lavouras de grãos ou pecuária, podem resultar em ganhos econômicos, ambientais e sociais para o agroecossistema. Os sistemas integrados, ao mesmo tempo em que conseguem maximizar a quantidade de produtos agrícolas de elevada qualidade, ajudam a conservar os recursos naturais envolvidos, com benefício mútuo tanto à pecuária e quanto à lavoura.

Por natureza, os sistemas integrados são mais complexos do que aqueles exclusivamente de lavoura ou de pecuária, já que o primeiro deles implica a existência de inúmeras interações espaço-temporais entre os componentes solo, planta e animal. Essas interações, quando produzem modificações nas plantas ou nos animais, são passageiras, de modo que o único componente

do sistema que centraliza os processos e expressa as alterações de longo prazo é o solo. Por essa razão, o solo concentra inúmeros indicadores de avaliação do sistema.

Diversos estudos constataram melhorias nas propriedades químicas e físicas do solo de sistemas integrados, se comparados a sistemas simples. As principais alterações estão relacionadas ao maior aporte de resíduos vegetais e ao maior potencial de acúmulo de C no solo. Outras relativas à ciclagem de nutrientes e melhorias na estrutura física do solo são consequências do aporte de resíduos vegetais e do manejo dos animais. Essas características imprimem, aos solos manejados em sistemas integrados, a capacidade de exercerem suas funções no ambiente, o que garante a geração de alimentos com a conservação dos recursos naturais.

A adoção de sistemas integrados implica, antes de tudo, vencer dois desafios: superar mitos vigentes sobre tais sistemas e convencer os gerenciadores de propriedades rurais sobre os benefícios do emprego de sistemas mais complexos do que aqueles com os quais estão habituados a trabalhar. A inclusão de forrageiras em lavouras de grãos acrescenta um novo componente de interação, o animal, que nem sempre é bem aceito pelo agricultor porque consome a forragem que deveria ser fornecida ao solo. Para minar essa resistência, é preciso mostrar ao agricultor que a sustentabilidade dos sistemas integrados depende fundamentalmente do adequado manejo do pasto e do animal, alcançada pela contínua e intensiva difusão de conhecimentos.

A pesquisa agropecuária vem ofertando tecnologias complementares aos sistemas integrados, como os cultivos consorciados para a implantação de forrageiras, de novas espécies e cultivares de forrageiras e de grãos adaptados aos ciclos combinados de pasto e lavoura, bem como novos modelos de produção. Mas é preciso gerar técnicas inovadoras que assegurem a evolução de sistemas simples para sistemas integrados, por meio do enfrentamento de entraves culturais, técnicos e econômicos.

Referências

- ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] GRÃOS. Brasília, DF: Conab, v. 5, n. 7, abr. 2018. 139 p. Observatório Agrícola, safra 2017/18, sétimo levantamento.
- AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; ROS, C. O. da. Plantas de cobertura do solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 157-165, jan./mar. 2001.
- ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeito da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, p. 717-723, jul./set. 2001.
- ALEGRE, J. C.; LARA, P. D. Efecto de los animales en pastoreo sobre las propiedades físicas de suelos de la región tropical húmeda de Perú. **Pasturas Tropicales**, v. 13, n. 1, p. 18-23, abr. 1991.
- ALVARENGA, R. C. Integração lavoura-pecuária. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE, 3., 2004, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2004. 1 CD-ROM.
- AMBROSI, I.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; ZOLDAN, S. M. Lucratividade e risco de sistemas de produção de grãos combinados com pastagens de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 10, p. 1213-1219, out. 2001.

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. F. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 873-928.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p.1099-1108, set./out. 2007.

ASMUS, G. L.; RICHETTI, A. **Rotação de culturas para o manejo do nematóide reniforme em algodoeiro**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2010. 26 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 55).

ASSMANN, T. S.; RONZELLI JÚNIOR, P.; MORAES, A.; ASSMANN, A. L.; KOEHLER, H. S.; SANDINI, I. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 675-683, jul./ago. 2003.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. de D.; STONE, L. F. **Marco referencial: integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. 130 p.

BALBINOT JUNIOR, A. A. **Uso do solo no inverno: propriedades do solo, incidência de plantas daninhas e desempenho da cultura de milho**. 2007. 150 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BALESDENT, J.; BALABANE, M. Maize root-derived soil organic carbon estimated by natural ¹³C abundance. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, n. 2, p. 97-101, Feb. 1992.

BARBOSA, R. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; EUCLIDES, V. P. B.; REGAZZI, A. J.; FONSECA, D. M. da. Características morfológicas e acúmulo de forragem do capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) em dois resíduos forrageiros pós-pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 583-593, mar./abr. 2002.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 1, p. 105-112, jan./mar. 1997.

BERTOL, I.; GOMES, K. E.; DENARDIN, R. B. N.; MACHADO, L. A. Z.; MARASCHI, G. E. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 5, p. 779-786, maio 1998.

BOENI, M. **Proteção física da matéria orgânica em Latossolos sob sistemas com pastagens na região do Cerrado brasileiro**. 2007. 136 f. Tese (Doutor em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BOENI, M.; BASSANI, H. J.; REINERT, D. J.; SCAPILI, C.; RESTLE, J. Efeito do pisoteio animal durante o pastejo de inverno sobre algumas propriedades físicas do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado: resumos expandidos**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, 1995. v. 1, p. 160-161.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 843-851, mar./abr. 2008.

BOLINDER, M. A.; ANGERS, D. A.; DUBUC, J. P. Estimating shoot to root ratios and annual carbon inputs in soil for cereal crops. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 63, n. 1, p. 61-66, May 1997.

BOTREL, M. A.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F. Avaliação de gramíneas forrageiras na região Sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 683-689, abr. 1999.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M. da; 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**, v. 30, n. 4, p. 605-614, jul./ago. 2006.

BUYANOVSKY, G. A.; WAGNER, G. H. Post-harvest residue input to cropland. **Plant and Soil**, v. 93, n. 1, p. 57-65, 1986.

CANDIDO, M. J. D.; ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; PEREIRA, E. W. Período de descanso, valor nutritivo e desempenho animal em pastagem de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 5, p. 1459-1467, set./out. 2005.

- CARVALHO, J. L. N. **Dinâmica do carbono e fluxo de gases de efeito estufa em sistema de integração lavoura-pecuária na Amazônia e no Cerrado**. 2010. 143 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; SOUZA, E. D.; SULC, R. M.; LANG, C. R.; FLORES, P. C. C.; LOPES, M. L. T.; SILVA, J. L. S.; CONTE, O.; WESP, C. L.; LEVIEN, R.; FONTANELI, R.; BAYER, C. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 88, n. 2, p. 259-273, Nov. 2010.
- CARVALHO, P. C. F.; MORAES, A.; ANGHINONI, I.; AGUINAGA, A. A. Q.; CASSOL, L. C.; FLORES, J. P. C.; SILVA, J. L. S.; ALVES, S. J.; PELISSARI, A. Integração lavoura-pecuária: como aumentar a rentabilidade, otimizar o uso da terra e minimizar os riscos. In: SIMPÓSIO DA CARNE BOVINA: INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA, 2., 2004, São Borja. **Anais...** São Borja: Ed. da UFRGS: Cooperativa Tríticola Sãoborjense, 2004. v. 1, p. 6-36.
- CASSOL, L. C. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 2003. 143 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PADANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotação de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 3, p. 527-538, jul./set. 1998.
- CECCON, G. Cerrado: estado da arte na produção de palha com milho safrinha em consórcio com *Brachiaria*. **Revista Plantio Direto**, ano 17, n. 102, p. 3-7, nov./dez. 2007.
- CECCON, G.; MACHADO, L. A. Z. Identificação de espécies forrageiras In: ENCONTRO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 10., 2009, Dourados. **Diversificação e viabilidade**: anais. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2010. 1 CD-ROM.
- CONCEIÇÃO, P. C.; BOENI, M.; DIECKOW, J.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Fracionamento densimétrico com politungstato de sódio no estudo da proteção física da matéria orgânica em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 541-549, mar./abr. 2008.
- CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; MAZURANA, M.; DEBIASI, H. Resistência mecânica do solo e força de tração em hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras em sistema de integração lavoura-pecuária. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 1, p. 220-228, jan./abr. 2007.
- CONTE, O.; WESP, C. de L.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. de F.; LEVIEN, R.; NABINGER, C. Densidade, agregação e frações de carbono de um Argissolo sob pastagem natural submetida a níveis de ofertas de forragem por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 579-587, mar./abr. 2011.
- CORRÊA, L. A.; SANTOS, P. M. **Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros *Panicum*, *Brachiaria* e *Cynodon***. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2003. 36 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 34).
- CRISPIM, S. M. A.; BRANCO, O. D. **Aspectos gerais das braquiárias e suas características na sub-região da Nhecolândia, Pantanal, MS**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002. 25 p. (Embrapa Pantanal. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 33).
- CRUZ, S. C. S. **Milho e *Brachiaria decumbens* em sistemas de integração lavoura-pecuária**. 2007. 88 f. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Campus de Botucatu, Botucatu. Disponível em: http://www.fca.unesp.br/pos_graduacao/Teses/PDFs/Arq0175.pdf. Acesso em: 2 fev. 2010.
- DIAS-FILHO, M. B.; ANDRADE, C. M. S. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/986147/1/DOC402.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2018.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-22. (SSSA. Publication, 35).
- DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive grass leaves on a tiller: ontogenic development and effect of temperature. **Annals of Botany**, v. 85, n. 5, p. 635-643, May 2000.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, L. de; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S. Composição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, p. 321-328, mar./abr. 2006.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; VALLE, C. B.; DIFANTE, G. S.; BARBOSA, R. A.; GONÇALVES, W. V. Valor nutritivo da forragem e produção animal em pastagens de *Brachiaria brizantha*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 1, p. 98-106, jan. 2009.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; JANK, L.; OLIVEIRA, M. P. Avaliação dos capins mombaça e massai sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 1, p. 18-26, 2008. EVOLUÇÃO da área cultivada no sistema de plantio direto na palha – Brasil. [Ponta Grossa, 2010]. Disponível em: <https://febrapdp.org.br/area-de-pd>. Acesso em: 6 fev. 2018.

FABIAN, A. J. **Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação**. 2009. 83 f. Tese (Doutor em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal.

FERREIRA, A. C. de B.; LAMAS, F. M.; CARVALHO, M. da C. S.; SALTON, J. C.; SUASSUNA, N. D. Produção de biomassa por cultivos de cobertura do solo e produtividade do algodoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 6, p. 546-553, jun. 2010.

FLORES, J. P. C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L. C.; CARVALHO, P. C. F.; LEITE, J. G. D.; FRAGA, T. I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, p. 771-780, jul./ago. 2007.

FRANCHINI, J. C.; BORKERT, C.; FERREIRA, M. M.; GAUDÊNCIO, C. A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 459-467, abr./jun. 2000.

FRANZLUEBBERS, A. J. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. **Soil and Tillage Research**, v. 66, n. 2, p. 95-106, July 2002.

FRANZLUEBBERS, A. J.; STUEDEMANN, J. A.; SCHOMBER, H. H. Spatial distribution of soil carbon and nitrogen pools under grazed tall fescue. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, n. 2, p. 635-639, Mar./Apr. 2000.

GALE, W. J.; CAMBARDELLA, C. A.; BAILEY, T. B. Root-derived carbon and the formation and stabilization of aggregates. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, n. 1, p. 201-217, Jan./Feb. 2000.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BRITO, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região noroeste fluminense-RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1421-1428, nov./dez. 2007.

GOMIDE, C. A. M. **Morfogênese e análise de crescimento de cultivares de *Panicum maximum* Jacq.** 1997. 53 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GONÇALVES, E. N.; QUADROS, F. L. F. Características morfológicas de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) sob pastejo em sistemas intensivos de utilização. **Ciência Rural**, v. 33, n. 6, p. 1129-1134, nov./dez. 2003.

GRASSELLI, L. C. P.; GOMIDE, C. A. M.; PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, J. A. Características morfológicas e estruturais de um relvado de *B. decumbens* sob lotação contínua. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. 1 CD-ROM.

HAYNES, R. J.; WILLIAMS, P. H. Nutrient cycling and fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, v. 49, p. 119-199, 1993.

HERRICK, J. E.; LAL, R. Soil physical property changes during decomposition in a tropical pasture. **Soil Science Society of America Journal**, v. 59, n. 3, p. 908-912, May/June 1995.

IBGE. **Cobertura e uso da terra**. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/default.shtm>. Acesso em: 14 fev. 2018.

JANK, L.; SAVIDAN, Y. H.; SOUZA, M. T. C.; COSTA, J. C. G. Avaliação do germoplasma de *Panicum maximum* introduzida da África. I: Produção forrageira. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 23, n. 3, p. 433-440, maio/jun. 1994.

JANK, L.; VALLE, C. B. do; KARIA, C. T.; PEREIRA, A. V.; BATISTA, L. A. R.; RESENDE, R. M. S. Opções de novas cultivares de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais para Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, 26, n. 226, p. 26-35, 2005.

- JANTALIA, C. P.; VILELA, L.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. **Influência das pastagens e sistemas de produção de grãos, no estoque de carbono e nitrogênio em um Latossolo Vermelho**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. 50 p. (Embrapa Agrobiologia. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 11).
- KISSELE, K. W.; GARRETT, C. J.; FU, S.; HEDRIX, P. F.; CROSSLEY, D. A.; COLEMAN, D. C.; POTTER, R. L. Budgets for roots-derived C and litter-derived C: comparison between conventional tillage and no tillage soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 33, n. 7/8, p. 1067-1075, June 2001.
- KUNRATH, T. **Impactos da altura de manejo do pasto em sistemas de integração lavoura-pecuária**. 2011. 100 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- LAMAS, F. M.; STAUT, L. A. **Algodoeiro em sistema plantio direto**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 7 f. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 118).
- LARA CABEZAS, W. A. R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA CABALLERO, S. S.; SANTANA, D. G. de. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema semeadura direta e solo preparado. **Ciência Rural**, v. 34, n. 4, p. 1005-1013, jul./ago. 2004.
- LUSTOSA, S. B. C. **Efeito do pastejo nas propriedades químicas do solo e no rendimento de soja e milho em rotação com pastagem consorciada de inverno no sistema de plantio direto**. 1998. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- MACEDO, M. C. M. A integração lavoura e pecuária como alternativa de recuperação de pastagens degradadas. In: Workshop nitrogênio na sustentabilidade de sistemas intensivos de produção agropecuária, 2000, Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. p. 90-104. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 26; Embrapa Agrobiologia. Documentos, 128).
- MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H. Sistemas integrados de lavoura-pecuária na região dos Cerrados do Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 2007, Curitiba. [**Anais...**]. Curitiba: Ed. da UFPR; [Porto Alegre]: Ed. da UFRGS; [S.l.]: Ohio State University, 2007. 24 p. 1 CD-ROM.
- MACHADO, L. A. Z. **Forrageiras para a safrinha**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2010. 1 fôlder.
- MACHADO, L. A. Z.; ASSIS, P. G. G. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 4, p. 415-422, abr. 2010.
- MACHADO, L. A. Z.; FABRÍCIO, A. C.; ASSIS, P. G. G.; MARASCHIN, G. E. Estrutura do dossel em pastagens de capim-marandu submetidas a quatro ofertas de lâminas foliares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1495-1501, out. 2007.
- MARCHÃO, R. L.; VILELA, L.; BALBINOT, C. L.; BECQUER, T. Integração lavoura-pecuária no Cerrado: efeito de 13 anos de cultivo sobre a densidade e agregação do solo. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília, DF. **Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**: anais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 1 CD-ROM.
- MARCHÃO, R. L.; VILELA, L.; PALUDO, A. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. **Impacto do pisoteio animal na compactação do solo sob integração lavoura-pecuária no Oeste Baiano**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 6 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado técnico, 163).
- MASSAI é o novo capim lançado pela Embrapa. **Gado de Corte Informa**, v. 14, n. 1, p. 4-5, mar. 2001.
- MELLO, L. M. M. **Integração agricultura-pecuária em plantio direto**: atributos físicos e cobertura residual do solo, produção de forragem e desempenho econômico. 2001. 72 f. Tese (Livro Docência) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira.
- MELLONI, R.; MELLONI, P. E. G.; ALVARENGA, M. I. N.; VIEIRA, F. B. M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2461-2470, nov./dez. 2008.
- MERCANTE, F. M.; FABRÍCIO, A. C.; MACHADO, L. A. Z.; SILVA, W. M. **Parâmetros microbiológicos como indicadores da qualidade do solo sob sistemas integrados de produção agropecuária**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 27 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 20).
- MERLIN, A. **Disponibilidade de fósforo para a soja cultivada sobre braquiária**. 2008. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Botucatu.

MIRANDA, C. H. B.; SANTOS, J. C. C. dos; BIANCHIN, I. Contribuição de *Onthophagus gazella* a melhoria da fertilidade do solo pelo enterrio de massa fecal bovina fresca. 1. Estudo em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 4, p. 681-685, jul./ago. 1998.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, n. 3, p. 411-416, set./dez. 1993.

MONTEIRO, F. A.; WERNER, J. C. Reciclagem de nutrientes nas pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 14., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 1997. p. 55-84.

MORAES, A.; LUSTOSA, S. B. C. Efeito do animal sobre as características do solo e a produção da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1997. p. 129-149.

MORAES, A.; PELISSARI, A.; ALVES, S. J.; CARVALHO, P. C. F.; CASSOL, L. C. Integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil. In: Encontro de Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil, 1., 2002, Pato Branco. **Anais...** Pato Branco: Cefet-PR, 2002. p. 3-42.

MURARO, M. R. **Componentes físicos do sistema de raízes pastagens de inverno formada pelo consórcio aveia e azêvem no sistema de integração lavoura-pecuária**. 2004. 63 f. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; GARCEZ NETO, A.; BARBOSA, R. A.; ANDRADE, C. M. S. de. Fundamentos para o manejo de pastagens: evolução e atualidade. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2002, Viçosa, MG. [**Anais...**]. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2002. Disponível em: <http://www.forragicultura.com.br/arquivos/Fundamentosparaomanejodepastagensevolucaoatualidades.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2011.

OLIVEIRA, D. A. **Características produtivas e valor nutritivo num ano de recuperação do capim *Brachiaria* com aplicações de nitrogênio e enxofre**. 2008. 119 f. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G. J.; FURTINI NETO, A. E.; LIMA, P. C.; MORAES, R. N. S. Atributos químicos do solo sob diferentes plantas de cobertura na implantação do sistema plantio direto. **Revista Agricultura Tropical**, v. 8, p. 57-75, 2004. Disponível em: <http://www.ufmt.br/agtrop/revista8/doc/05.doc>. Acesso em: 2 fev. 2011.

PAULETTI, V. **Nutrientes**: teores e interpretações. Castro: Fundação ABC, 2004. p. 86.

PETERSEN, R. G.; LUCAS, H. L.; WOODHOUSE JUNIOR, W. W. The distribution of excreta by freely grazing cattle and its effect on pasture fertility. I. Excretal distribution. **Agronomy Journal**, v. 48, n. 10, p. 440-444, Oct. 1956.

PLANTIO direto: módulo 1: histórico, características e benefícios do plantio direto. Brasília, DF: Abeas: Ed. da UnB, 2005. 113 p.

POWELL, J. M.; WILLIAMS, T. O. **Livestock, nutrient cycling and sustainable agriculture in the West African Sahel**. London: International Institute for Environment and Development, 1993. 14 p. (Gatekeeper series, n. SA37).

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

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, 2006. p. 17-42.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E. J.; VASCONCELLOS, C. A. Soil organic matter dynamics in density and particle-size fractions as revealed by the ¹³C/¹²C isotopic ratio in a Cerrado's Oxisol. **Geoderma**, v. 104, n. 3/4, p. 185-202, Dec. 2001.

RUSSELLE, M. P. Nutrient cycling in pasture. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Ed. da UFV, 1997. p. 235-266.

SALTON, J. C.; CARVALHO, P. C. F. **Heterogeneidade da pastagem**: causas e conseqüências. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. 41 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 91).

SALTON, J. C.; COSTA, A. R.; SILVA, W. M. Uso de forrageiras perenes no período de entressafra para melhoria da qualidade do solo na região Centro-Oeste do Brasil. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 18.; CONGRESO

- NACIONAL DE SUELOS, 6.; SIMPOSIO DE INNOVACIONES EDUCATIVAS DE LA CIENCIA DEL SUELO, 3., 2009, San José, Costa Rica. **Suelo... raiz de nuestro futuro**: memoria. San José, Costa Rica: SLCS: ACCS, 2009. 1 CD-ROM.
- SALTON, J. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACHADO, I. A. Z.; OLIVEIRA, H. **Pastoreio da aveia e compactação do solo**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001b. 5 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 48).
- SALTON, J. C.; FABRÍCIO, A. M.; HERNANI, L. C. Integração lavoura-pecuária: alternativas de rotação de culturas. In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 5., 2001, Dourados. **Sustentabilidade, sim!**: anais. Brasília, DF: APDC; Dourados: Ed. da UFMS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001a. p. 31-32. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 31).
- SALTON, J. C.; MACHADO, L. A. Z.; COSTA, A. R.; LIMA, R. R. B. Potencial de reciclagem e disponibilização de nutrientes por plantas forrageiras perenes cultivadas durante a entressafra em Mato Grosso do Sul. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 17., 2008, Rio de Janeiro. **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2008a. 1 CD-ROM. (Embrapa Solos. Documentos, 101).
- SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, 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, MG, v. 32, n. 1, p. 11-21, jan./fev. 2008b.
- SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C. **Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária do Oeste, 2005. 58 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 29).
- SANTOS, H. P.; TOMM, G. O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo. **Ciência Rural**, v. 33, n. 3, p. 477-486, maio/jun. 2003.
- SHUKLA, M. K.; LAL, R.; EBINGER, M. Determining soil quality indicators by factor analysis. **Soil and Tillage Research**, v. 87, n. 2, p. 194-204, June 2006.
- SILVA, A. A.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRONI, S. P.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E. Sistema de Plantio Direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 496-506, jul./ago 2009a.
- SILVA, A. P. da; IMHOFF, S.; TORMENA, C. A.; LIMA, R. R. de; TAKAHAMA, R. S. Qualidade física de solos sob sistemas intensivos de pastejo rotacionado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 19., 2002, Piracicaba. **Inovações tecnológicas no manejo de pastagens**: anais. Piracicaba: Fealq, 2002. p. 79-97.
- SILVA, C. C. F.; BONOMO, P.; PIRES, A. J. V.; MARANHÃO, C. M. A.; PATÊS, N. M. S.; SANTOS, L. C. Características morfogênicas e estruturais de duas espécies de braquiária adubadas com diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 657-661, abr. 2009b.
- SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 191-199, jan./mar. 2000.
- SKINNER, R. H.; NELSON, C. J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v. 35, n. 1, p. 4-10, Jan./Feb. 1995.
- SOLLINS, P.; HOMMAN, P.; CALDWELL, B. A. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. **Geoderma**, v. 74, n. 1/2, p. 65-105, Nov. 1996.
- SOUZA, E. D. de; COSTA, S. E. V. G. de A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. de F.; OLIVEIRA, E. V. F. de; MARTINS, A. P.; CAO, E.; ANDRIGHETTI, M. Soil aggregation in a crop-livestock integration system under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1365-1374, jul./ago. 2010.
- SPEHAR, C. R.; TRECENTI, R. Desempenho agrônomo de espécies tradicionais e inovadoras da agricultura em semeadura de sucessão e entressafra no cerrado do planalto central brasileiro. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, p. 102-111, jan./feb. 2011.
- SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 533-542, maio/jun. 2004.
- SULC, R. M.; TRACY, B. F. Integrated crop-livestock systems in the U.S. corn belt. **Agronomy Journal**, v. 99, n. 2, p. 335-345, Mar./Apr. 2007.

- TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, p. 609-618, jul./ago. 2005.
- TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de resíduo vegetal por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 421-428, mar. 2008.
- TRENTO, S. M.; IRGANG, H. R. H.; REIS, E. M. Efeito da rotação de culturas, da monocultura e da densidade de plantas na incidência de grãos ardidos em milho. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 4, p. 609-613, jul./ago. 2002.
- VALÉRIO, J. R.; KOLLER, W. W. Proposição para o manejo integrado das cigarrinhas-das-pastagens. **Pasturas Tropicais**, v. 15, n. 3, p. 10-16, dec. 1993.
- VALÉRIO, J. R.; SOUZA, M. S.; CHERMOUTH, K. S.; PISTORI, M. G. B.; OLIVEIRA, M. C. M. Avaliação da cultivar *Brachiaria brizantha* cv. Piatã quanto ao nível de antibiose a três espécies de cigarrinhas (Hemiptera: Cercopidae). **O Biológico**, v. 71, n. 2, p. 150, 2009.
- VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; VALÉRIO, J. R.; CALIXTO, S. Selecting new *Brachiaria* for brazilian pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro, SP. **Proceedings...** Piracicaba: Fealq, 2001. 1 CD-ROM.
- VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; VALÉRIO, J. R.; MACEDO, M. C. M.; FERNANDES, C. D.; DIAS-FILHO, M. B. *Brachiaria brizantha* cv. Piatã: uma forrageira para diversificação de pastagens tropicais. **Seed News**, v. 11, n. 2, p. 28-30, mar./abr. 2007.
- VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P.; PEREIRA, J. M.; VALÉRIO, J. R.; PAGLIARINI, M. S.; MACEDO, M. C. M.; LEITE, G. G.; LOURENÇO, A. J.; FERNANDES, C. D.; DIAS FILHO, M. B.; LEMPP, B.; POTT, A.; SOUZA, M. A. **O capim-xaraés (*Brachiaria brizantha* cv. Xaraés) na diversificação das pastagens de braquiária**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2004. 58 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 149).
- VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. 2001. 184 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 743-755, jul./ago. 2009.
- VIEIRA, F. C. B.; HE, Z. L.; WILSON, P. C.; BAYER, C.; STOFFELLA, P. J.; BALIGARC, V. C. Response of representative cover crops to aluminum toxicity, phosphorus deprivation, and organic amendment. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 59, n. 1, p. 52-61, 2008.
- VOLPE, E.; MACEDO, M. C. M.; MARCHETTI, M. E.; LEMPP, B. Métodos de recuperação direta de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília, DF. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 1 CD-ROM.
- WILLIAMS, P. H.; HAYNES, R. J. Effect of sheep, deer and cattle dung on herbage production and soil nutrient content. **Grass and Forage Science**, v. 50, n. 3, p. 263-271, Sept. 1995.
- ZANATTA, J. A.; SALTON, J. C. O SPD no sequestro de carbono. **A Granja**, v. 66, n. 734, p. 57-59, fev. 2010.