



Organizado pelo
Núcleo de Estudos em Fitopatologia
Universidade Federal de Lavras



NOVOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

© Núcleo de Estudos em Fitopatologia

Capa: Diogo Rodarte Gonçalves

Projeto Gráfico / Diagramação: Ana Carolina Naves Campelo

**Ficha catalográfica preparada pela Coordenadoria de
Processos Técnicos da Biblioteca Universitária da UFLA**

Novos sistemas de produção / editores: Flávio Henrique Vasconcelos Medeiros... [et al.] ; organizado pelo Núcleo de Estudos em Fitopatologia, Universidade Federal de Lavras. – Lavras: UFLA, 2017.

162 p. : il.

Bibliografias.

ISBN: 978-85-54882-00-6

1. Fitopatologia. 2. Agricultura - Manejo de doenças. 3. Sustentabilidade. I. Medeiros, Flávio Henrique Vasconcelos. II. Universidade Federal de Lavras, Núcleo de Estudos em Fitopatologia. III. Título.

CDD – 632

Integração lavoura-pecuária: novas tendências

Bruno Carneiro e Pedreira^{1*}
Leandro Ferreira Domiciano²
Renato Ribeiro de Aragão Rodrigues³
Sylvia Raquel Gomes Moraes⁴
Ciro Augusto de Souza Magalhães¹
Eduardo da Silva Matos¹
Cornélio Alberto Zolin¹

Introdução

A integração lavoura-pecuária (ILP) consiste em sistemas de produção de grãos, fibras, carne, leite e outros, realizados numa mesma área, em plantio simultâneo, sequencial ou rotativo, seja temporal ou espacial, em que se objetiva a maximização do uso dos componentes vegetais e animais, bem como seus respectivos resíduos e aumentar a eficiência no uso de máquinas, equipamentos e mão-de-obra, reduzir impactos ambientais e visar a sustentabilidade do sistema (Macedo, 2009).

O planejamento prévio, criterioso e sistematizado na implantação do sistema ILP é o que define o sucesso ou fracasso da atividade. Durante o planejamento deve-se levar em consideração as condições edáficas, climáticas, espécie agrícola e forrageira, capacidade gerencial (que está diretamente ligada aos objetivos de produção), mercadológicas, logística de transporte de insumos e produtos e mão-de-obra qualificada na região (Balbino *et al.*, 2012).

Uma das vantagens da ILP é sua grande variedade de culturas passíveis de utilização, no entanto, essas são dependentes da adaptação às condições

¹Pesquisador da Embrapa Agrossilvipastoril

²Doutorando da Universidade Federal de Mato Grosso

³Pesquisador da Embrapa Solos

⁴Professora da Universidade Federal de Mato Grosso

*Correspondente: bruno.pedreira@embrapa.br

edafoclimáticas, tratos culturais e objetivos de produção. As culturas mais utilizadas são: soja, milho, sorgo, arroz, feijão caupi, girassol e milheto, como culturas para a produção de grãos; crotalaria, guandu-anão, estilosantes e nabo forrageiro como leguminosas de cobertura e/ou pastejo; e gramíneas de clima tropical perenes como dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*, consorciadas ou não com a cultura para grãos ou leguminosa.

Outras oportunidades também podem ser vislumbradas neste sistema de produção. Agricultores, que anteriormente utilizavam a pastagem apenas como cobertura para o solo na entressafra, observaram que é possível, também, incrementar a renda com a produção animal nesta mesma área, variando o tempo de permanência com pecuária a depender dos objetivos do produtor. O sistema pode contemplar a utilização apenas na entressafra, ou por mais de uma safra com o objetivo de quebra de ciclo de pragas e doenças da cultura agrícola.

É válido salientar que a maior complexidade da ILP, em relação aos sistemas exclusivos, resulta em alguns desafios e entraves na implantação da ILP, tais como a exigência de maior qualificação e dedicação dos produtores, gestores e técnicos, pouca disponibilidade de mão-de-obra qualificada, seja de técnicos ou colaboradores. Tem-se a necessidade de maior investimento financeiro na atividade, seja com capital próprio ou por acesso ao crédito, visto o alto custo em infraestrutura, máquinas, implementos e animais, no entanto, o retorno do capital investido ocorre apenas em médio e longo prazo.

Além da evidente vantagem do dinamismo das variações nos sistemas ILP, talvez a grande vantagem da utilização deste sistema de produção seja o sinergismo existente entre as culturas e os animais. Deste modo, os animais se beneficiam da forrageira de melhor qualidade e quantidade, advinda da nutrição mineral residual da lavoura produzida em solo corrigido e fertilizado que a antecedeu. E, de modo análogo, a lavoura também se beneficia da melhoria na qualidade física do solo proporcionado pelas raízes das gramíneas e pela grande produção de matéria orgânica adicionada ao sistema.

Nesse cenário, a ILP foi apresentada como uma opção de recuperação de pastagens degradadas, principalmente nas regiões em que a lavoura e pecuária estão presentes.

Procedimentos comuns para a recuperação direta de pastagens, tais como práticas de manejo da pastagem, aplicação de fertilizantes e introdução de cultivares mais produtivas têm desencorajado produtores em função dos altos custos com insumos e mão-de-obra, elevando os custos finais para se obter uma nova pastagem.

Por outro lado, do ponto de vista do agricultor, nos últimos anos, houve uma busca pela melhoria das características do solo, principalmente por aumento nos teores de matéria orgânica. Por isso, a introdução de gramíneas na entressafra se tornou uma necessidade com a substituição do plantio convencional pelo plantio direto.

Assim, enquanto agricultores buscavam aumentar a palhada (matéria orgânica) para cobertura do solo e os pecuaristas queriam alternativas mais eficientes

para diminuir os custos com a recuperação das pastagens, surgia a oportunidade de utilização de um sistema mais complexo, o qual integrava as duas atividades: integração lavoura-pecuária (ILP).

O plantio da forrageira simultâneo ou após a colheita dos grãos é uma prática antiga e, de certo modo, comum entre os agricultores. No entanto, esta prática foi melhor definida e organizada como um processo ou como pacote tecnológico por Kluthcouski *et al.* (1991), denominado “Sistema Barreirão”, que consistia na reparação do solo para o cultivo do arroz consorciado com *Brachiaria*, formando a pastagem. Outro sistema, também foi proposto por Kluthcouski *et al.* (2000), denominado “Sistema Santa Fé” que consistia no preparo do solo para a produção de grão na primeira safra (e.g. soja) seguido do plantio de milho consorciado com *Brachiaria* para a produção de palhada para a cobertura do solo ou pastejo até a próxima safra de grãos.

Recentemente, Oliveira *et al.* (2010) propuseram o “Sistema Santa Brígida”, que propõe o plantio simultâneo do milho de segunda safra com uma leguminosa, de modo a permitir um aumento do aporte de nitrogênio no solo, pela fixação biológica do nitrogênio atmosférico, no entanto, este consórcio não deve interferir negativamente na produção de grãos de milho.

No Sul Mato-grossense surgiu o “Sistema São Mateus”, o qual é um modelo de ILP adaptado à esta região de solo arenosos. Nesse sistema, busca-se a antecipação da correção química e física do solo com o plantio de capim com pequenas quantidades de sementes de soja (até 5 kg/ha), o que permite a formação de boas pastagens e o início do processo de dispersão das bactérias inoculadoras que auxiliarão na nodulação e permitirão o cultivo de soja com sucesso, após uma ou duas safras com pecuária (Salton *et al.*, 2013).

Estes sistemas integrados de produção foram bem aceitos e difundidos entre os produtores, pois propiciam, agora, a produção de duas atividades na propriedade, não mais apenas lavoura ou pecuária, mas a integração lavoura-pecuária.

Para a pecuária, os custos com reposição de nutrientes, preparo do solo, sementes, entre outros usados para recuperar as pastagens e melhorar a fertilidade do solo são amortizadas pela ILP. Além destes benefícios, os solos com pastagens podem melhorar os níveis de fertilidade com o residual da adubação da lavoura e as áreas com culturas agrícolas (soja, milho, etc.) são beneficiadas pelo volume e profundidade das raízes das gramíneas de clima tropical. As raízes agem como um “arado verde”, melhorando as propriedades físicas do solo, diminuindo a compactação e densidade do solo, e aumentando a taxa de infiltração de água. Deste modo, este mútuo benefício da ILP, também tem chamado a atenção dos agropecuaristas.

Estudos feitos com ILP no Brasil Central têm mostrado melhoria na produção agrícola e animal, com sistemas mais eficientes que apresentam aumento nas taxas de lotação, no ganho em peso e no rendimento de grãos. Isso aponta para uma nova direção nas condições de produção e do meio ambiente, portanto, na direção da sustentabilidade ambiental e econômica.

A ILP pode auxiliar a reduzir a instabilidade econômica, devido as maiores possibilidades de exploração dos produtos gerados dentro da propriedade. Numa propriedade tradicional de produção de grãos, o produto colhido precisa ser vendido como grão. No caso de uma propriedade com ILP, o grão tanto pode ser vendido, como pode ser utilizado como produto na alimentação animal: suplemento ou rações. Isso acelera o desempenho dos animais, com um custo menor do que o necessário para adquirir grãos (soja e milho) no mercado. Em momentos de baixa no preço de grãos, essa pode ser uma alternativa para a manutenção das margens econômicas de uma propriedade. Nesse caso, as inflexões do mercado podem ter menos efeito na rentabilidade da propriedade, pois existe a possibilidade do processamento dos grãos em carne, como outra via de entrega de produtos.

Com relação a mão de obra, também existem vantagens em relação aos sistemas ILP. Uma propriedade que tem apenas atividades agrícolas, tem uma alta demanda por pessoas na safra e na entressafra. Nesse cenário, tem-se duas opções, contratações temporárias na época de maior demanda ou ociosidade dos funcionários efetivos quando a demanda é reduzida. Isso resulta em dificuldade de capacitação de mão de obra temporária para utilização na safra, que cada vez mais utiliza máquinas mais modernas e de alto valor, ou de baixa eficiência laboral na entressafra. No entanto, propriedades que fazem ILP podem equilibrar melhor a relação oferta: demanda de mão de obra, pois a pecuária pode ser intensificada, requerendo mais força de trabalho e maquinário, justamente no momento de entressafra, quando os animais são suplementados (suplementação em pastagem, semi-confinamento, ou confinamento). Por outro lado, durante o período chuvoso, a condução da lavoura pode ser feita utilizando quase todo o efetivo, caso seja necessário.

Em sistemas integrados, é necessário ressaltar que a equipe precisará de treinamento para atuação nas diversas atividades da propriedade, bem como, de um comando único. É bem comum encontrar divergências de interesse quando se divide as equipes em “equipe da lavoura” e “equipe da pecuária”. O que, via de regra, resulta em problemas para atingir as metas definidas para o sistema. É preciso que haja um entendimento de que as atividades são complementares e não competitivas, pois o que se busca ao final do ano agrícola é a maior rentabilidade possível, seja com lavoura ou com pecuária.

Existem exemplos bem-sucedidos de ILP, alguns destes têm apresentado características inovadoras e mudado o formato de se fazer pecuária. Quando a integração é feita com sucesso, e a oferta de forragem na época seca (pastagens após lavoura) é mantida semelhante à da época chuvosa (pastos definitivos) é possível inverter a estação de monta. As vacas e novilhas passam a ser inseminadas de junho a setembro, o que resulta em nascimentos de bezerros de março a junho (Figura 1). Nessa situação, os dois processos (inseminação e nascimento) acontecem na época seca, quando a ausência de chuva e, por consequência, lama nos currais de manejo, o que propiciam condições sanitárias ideais para o rebanho, sobretudo, para o manejo dos bezerros.

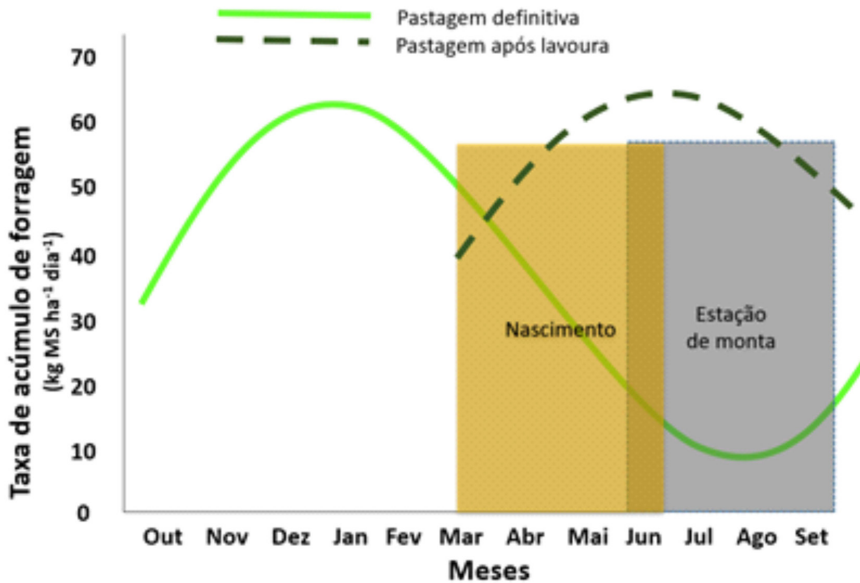


FIGURA 1. Possibilidade de estação de monta invertida em propriedades que utilizam sistemas ILP.

Os sistemas ILP são altamente dinâmicos, podendo variar consideravelmente as respostas tanto das culturas anuais quanto nas plantas forrageiras, o que resulta em diferentes desempenhos dos animais. Portanto, as tomadas de decisões devem ser alicerçadas em conhecimento técnico-científico em cada fase dos processos envolvidos, principalmente aqueles que garantem à produção vegetal e animal do sistema planejado.

Manejo de plantas invasoras, pragas e doenças em sistemas de integração lavoura-pecuária

Os sistemas integrados são possíveis de serem realizados se os fundamentos forem colocados em prática, sobretudo, o plantio direto sobre a palha e a rotação de culturas. Dessa forma, o estabelecimento de um sistema ILP com plantio direto como uma prática economicamente viável e ambientalmente correta deve-se, primordialmente, atender a integração dos métodos de controle de plantas invasoras, tanto na fase de lavoura quanto na fase de pecuária (Gomes Jr. e Christoffoleti, 2008); de controle de doenças que acometem a lavoura (Berni, Silveira e Costa, 2002; Valle *et al.*, 1996); e o controle de insetos pragas.

O revolvimento mínimo do solo, indispensável no plantio direto, promove modificações na dinâmica populacional das plantas invasoras (Jakelaitis *et al.*, 2004). Isto ocorre em função das mudanças na composição da diversidade de plantas infestantes no decorrer do tempo, considerando o número e a dominância relativa de cada espécie no agroecossistema (Gomes Jr. e Christoffoleti, 2008).

No sistema ILP ocorre maior concentração de sementes de plantas invasoras próximo à superfície, dado ao mínimo revolvimento, e não distribuídas no perfil do solo como nos métodos convencionais. Deste modo, a cobertura do solo, seja com gramínea para formação de palhada para o plantio direto ou para o pastejo, tende a reduzir a concentração de sementes no solo por indução de germinação e/ou perda de viabilidade. Assim, a presença da cobertura do solo pela gramínea provoca alterações na física, química e biologia do solo, bem como a redução da penetração de luz, da temperatura e o aumento na umidade. Além disso, durante a decomposição da cobertura, sobretudo das *Brachiaria* spp., pode ocorrer a produção de substâncias alelopáticas que atuam na inibição da germinação de sementes de plantas invasoras (Almeida, Lucchesi e Abbado, 1997).

Na ILP, a germinação das sementes de plantas invasoras é ocasionada, sobretudo, por alterações de temperatura do solo, ou seja, no inverno, há diminuição da temperatura do solo favorecendo a germinação das sementes de plantas invasoras de inverno e no verão a elevação da temperatura, certamente, favorece a germinação das sementes de espécies de verão (Gomes Jr. e Christoffoleti, 2008). Os fluxos subsequentes possuem relação maior com a precipitação pluvial (Ruedell, 1995).

De acordo com Ruedell (1995), a partir do segundo ano de implantação do sistema de plantio direto, como ocorre na ILP, há redução da diversidade de espécies de plantas invasoras anuais, enquanto ocorre aumento das espécies de plantas invasoras perenes.

Em experimento de longa duração sobre banco de sementes de plantas invasoras em sistemas ILP, Ikeda *et al.* (2007a), observaram que o banco de sementes de plantas invasoras na ILP reduziu em comparação ao sistema contínuo de lavoura. E a adubação de manutenção é mais efetiva do que a adubação corretiva gradual, na redução do banco de sementes.

Ainda de acordo com Ikeda *et al.* (2007b) o sistema de cultivo e os sistemas de preparo do solo (convencional e ILP) exercem efeitos sobre a estrutura florística dos bancos de sementes, medida pelo índice de valor de importância de cada família, em que a adubação corretiva gradual e o plantio em sistema convencional aumentam o número de famílias e de espécies presentes.

Em sistemas intensivos, como a ILP, além das plantas invasoras causarem danos aos rendimentos da lavoura/pastagem devido a competição por água, luz e nutrientes, entre outros, muitas das espécies podem ser hospedeiras de pragas e doenças, propiciando a continuidade de seus ciclos de vida. Deste modo, o manejo eficiente de plantas invasoras em sistemas integrados deve ser aliado à diferentes métodos de controle, ou seja, fazer manejo integrado de plantas invasoras com a

utilização de herbicidas associado a tratos culturais de modo estratégico, eficiente e viável, no intuito de manter a sustentabilidade do sistema.

Para o controle doenças, o uso de sistemas ILP, com o plantio de espécies de gramíneas são utilizados para controlar patógenos de solo. Vale ressaltar a dificuldade encontrada por pesquisadores, técnicos e produtores na redução dos prejuízos acarretados por esses microrganismos. Para o controle de *Sclerotinia sclerotiorum*, agente causal do mofo branco, práticas como a rotação de culturas e plantio sobre a palhada são as mais eficientes (Costa e Rava, 2003). Em casos mais extremos pode-se fazer a eliminação de restos culturais e permitir a solarização do solo e, em último caso, o tombamento de leiva, enterrando a camada superficial do solo a profundidade acima de 20 cm. Estas práticas podem ser aplicadas isoladamente ou associadas ao controle biológico e/ou químico.

Em sistemas de produção de feijão, a rotação de cultura com gramíneas apresenta redução da população de *Fusarium* spp. e *Rhizoctonia* spp. em áreas contaminadas em que foi realizado o plantio prévio de gramíneas, em especial *Brachiaria brizantha* (Toledo-Souza et al., 2008). Na cultura da soja, a cobertura do solo com *Brachiaria ruziziensis* é eficiente no controle de apotécios de *Sclerotinia sclerotiorum* e na redução do número de escleródios por m² (Görgen et al., 2009; Civardi et al., 2012). Essas gramíneas podem ser utilizadas no Sistema Plantio Direto, ou no Sistema Santa Fé, no qual na safra há o cultivo da soja e na safrinha de milho consorciada com *Brachiaria* spp. Esses sistemas proporcionam diminuição do tamanho dos escleródios, tornando-os menos infectivos e favorecem a redução do inoculo inicial por meio da germinação de escleródios e formação de apotécios na entressafra (Görgen et al., 2010; Görgen et al., 2008). Segundo Lobo Jr. e colaboradores (2009), a redução do apotécio é decorrente da baixa luminosidade acarretada pela lenta degradação da camada de palha com alta relação carbono/nitrogênio acarretada pelas espécies de braquiárias; diferente de outras monocotiledôneas como milho, sorgo ou milheto.

Outro efeito positivo da palhada de *B. ruziziensis* e de *B. brizantha* cv. Marandu atuando no controle de *F. solani*, *R. solani* e *S. sclerotiorum* foi apresentado por Costa (2002), demonstrando os efeitos da rotação das culturas do arroz, milho e soja e da *Brachiaria* spp. sobre a atividade microbiológica (Tabela 1). Costa e Rava (2003) relataram que a atividade microbiana no solo aumenta anualmente, em período de seis anos, em contraste a redução de *S. sclerotiorum*.

TABELA 1. Efeito da rotação de culturas e do uso de braquiária sobre a atividade microbiológica e patógenos do feijoeiro.

| Rotação | Atividade biológica ($\mu\text{FDA min}^{-1}\text{g}^{-1}$) | <i>F. solani</i> (ppg) | <i>R. solani</i> (ppg) | <i>S. sclerotiorum</i> (escl. M^3) |
|-----------------------|--|------------------------|---------------------------|---|
| Arroz | 0,46 | 1.120 | 83 | 0 |
| Milho | 0,55 | 2.720 | 42 | 0 |
| <i>B. ruziziensis</i> | 0,45 | 1.560 | 28 | 0 |
| <i>B. brizantha</i> | 0,50 | 1.334 | 24 | 0 |
| Soja | 0,29 | 3.160 | 32 | 3 |

* ppg = propágulos por grama. Adaptado de Costa (2002).

Reis *et al.* (2012) observaram redução de 21% e 26% no número de propágulos de *Fusarium* spp. nas de safras 2006/07 e 2007/08 de soja, respectivamente, quando o solo foi cultivado em plantio direto frente ao solo revolvido a 25 cm. Nestes mesmos sistemas de manejo, a soja cultivada em solo revolvido apresentou produtividade média de apenas 3% superior. Este fato evidencia a superioridade dos sistemas de produção com o menor revolvimento possível do solo e plantas de cobertura, como ocorrem nos sistemas ILP.

De modo análogo, Berni, Silveira e Costa (2002) relataram redução da podridão vermelha da raiz, causada por *R. solani*. A menor severidade da doença foi observada quando a cultura do feijoeiro foi plantada sem o revolvimento do solo e, não influenciando no tipo de rotação da cultura.

Os fitonematoides possuem alta expressividade nos sistemas produtivos, dada sua abrangência de infestação, podendo ser encontrados em mais de 94% de 623 amostras coletadas em áreas agrícolas em municípios de Mato Grosso (Silva *et al.*, 2004), e pelo dano causado em diversas culturas, resultando em perdas de produtividade e, conseqüentemente, econômicas.

O controle de nematoides consiste no plantio de cultura não hospedeira ao fitopatógeno de maior densidade populacional no local. Deste modo, em sistemas ILP, o plantio de gramínea para a pecuária e/ou cobertura do solo deve ser criteriosamente analisado, pois estes podem ser hospedeiros para alguns tipos de nematoides ou mesmo controlar sua infestação.

Este problema vem sendo estudado e relatado na literatura. Isto se deve à evolução da ciência e descoberta de novos meios de análise, identificação e controle e até mesmo pela evolução das espécies de nematoides através da seleção natural de espécies resistentes e surgimento novas raças ou mesmo por mutações genéticas. No entanto, o controle mais efetivo e economicamente viável ainda continua sendo a identificação de espécies/cultivares pouco susceptíveis e/ou não hospedeiras de nematoides.

Neste sentido, Valle *et al.* (1996) conduziram ensaios com o objetivo de avaliar a eficiência de algumas gramíneas no controle de *Heterodera glycines*, raça 3, em solo naturalmente infestado. Em casa de vegetação foram utilizadas as plantas mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) como testemunhas resistente, e a soja (*Glycine max* cv. Cristalina) como suscetível, além de vasos sem planta (alqueive). Os autores reportaram que as gramíneas reduziram a população do nematoide no solo em relação à soja (Tabela 2), apresentou resultados semelhantes a mucuna-preta e foram mais eficientes que o alqueive, na redução de *H. glycines*.

TABELA 2. Médias do número de cistos, ovos e juvenis de *Heterodera glycines* por 100 cm³ de solo após 92 dias de alqueive ou cultivo de mucuna-preta, soja ou gramíneas forrageiras em vasos com solo infestado, mantidos em casa de vegetação (médias de sete repetições).

| Espécies/ cultivar | <i>H. glycines</i> (variável /100 cm ³ de solo) | | |
|-----------------------------------|--|-------|---------|
| | Cisto | Ovos | Juvenis |
| <i>A. gayanus</i> 'Planaltina' | 269 | 4829 | 480 |
| <i>B. brizantha</i> 'Marandu' | 182 | 3971 | 314 |
| <i>B. decumbens</i> | 252 | 4263 | 457 |
| <i>B. humidicola</i> | 231 | 3914 | 497 |
| <i>B. ruziziensis</i> | 262 | 5771 | 543 |
| <i>P. maximum</i> 'Guiné' | 214 | 3834 | 446 |
| <i>P. maximum</i> 'Tobiatã' | 218 | 3771 | 377 |
| <i>P. maximum</i> 'Vencedor' | 191 | 3314 | 331 |
| Alqueive | 248 | 5694 | 463 |
| <i>M. aterrima</i> 'mucuna-preta' | 204 | 3394 | 280 |
| <i>G. max</i> Soja 'Cristalina' | 412 | 35457 | 2949 |
| Coefficiente de variação | 32 | 147 | 151 |

Adaptado de Valle *et al.* (1996).

Na região sul do Brasil, Carneiro, Carvalho e Kulczynski (1998) relataram, no caso de culturas de inverno e de verão, que a rotação de culturas com espécies não hospedeiras é a alternativa de controle mais eficiente. Isso foi evidenciado por meio da avaliação de suscetibilidade ou resistência de vinte e duas culturas, e uma hospedeira preferencial para cada espécie de nematoide. Em casa de vegetação, os autores relataram que todas as cultivares de aveia (*Avena sativa*) e o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) foram hospedeiras de inverno não favoráveis, assim como o sorgo (*Sorghum vulgare*) AG 1017, milho (*Zea mays* CMS 5202), mucuna anã (*Mucuna deeringiana*) e milheto (*Pennisetum americanum*) foram hospedeiros de verão não favoráveis para *M. xenoplax*, *M. javanica* e *M. incognita*.

Nas condições de clima tropical, o *Panicum maximum* cv. Colônião e algumas *Brachiaria* spp. foram reportadas como mal hospedeiras, ou seja, auxiliam no controle dos nematoides *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica* (Dias-Arieira *et al.*, 2003) e *Rotylenchulus reniformis* (Asmus e Cargnin, 2005), podendo ser utilizadas em áreas infestadas por estes nematoides.

Entretanto, há interações em que o sistema de rotação de cultura nas áreas produtoras sob o sistema de plantio direto propicia aumento dos danos, como observado para *Pratylenchus brachyurus*, nematóide amplamente disseminado no Estado do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e patogênico as culturas da soja e algodão. As gramíneas *Panicum maximum* ('Tanzânia' e 'Mombaça') e *Brachiaria decumbens*, *B. brizantha*, *B. humidicola*, *B. dyctioneura* e o capim 'Mulato' (*B. ruziziensis* clone 44-6 x *B. brizantha* CIAT 6292) são hospedeiras desse fitonematóide, propiciando sua multiplicação (Tabela 3) (Inomoto, Machado e Antedomênico, 2007).

TABELA 3. Fator de reprodução (FR=Pi/Pf) e população final por grama de raízes (Pf/g) de dois isolados de *Pratylenchus brachyurus*¹ (Pb₂₀ e Pb₂₄) em *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* (Pm).

| Espécies/ cultivar | <i>P. brachyurus</i> Pb ₂₀ | | <i>P. brachyurus</i> Pb ₂₄ | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------------------|---------|
| | FR ² | Pf/g ² | FR | Pf/g |
| Soja 'Pintado' | 10,69 a | 198 a | 59,66 a | 1.434 a |
| Pm 'Tanzânia' | 12,17 a | 79 ab | 10,38 b | 148 b |
| Pm 'Mombaça' | 7,07 ab | 42 b | 13,18 b | 119 bc |
| Capim 'Mulato' | 4,96 abc | 31 bc | 10,89 b | 56 cd |
| <i>B. brizantha</i> | 3,50 bc | 21 bcd | 9,71 b | 83 bcd |
| <i>B. humidicola</i> | 2,20 cd | 6 ef | 1,80 d | 7 e |
| <i>B. decumbens</i> | 1,79 cd | 9 def | 5,65 bc | 44 d |
| <i>B. ruziziensis</i> | 1,66 cd | 12 cde | 3,80 cd | 37 d |
| <i>B. dyctioneura</i> | 1,01 de | 4 f | 1,32 d | 4 e |
| <i>Crotalaria spectabilis</i> 'Comum' | 0,00 e | 0 g | 0,00 e | 0 f |

¹Avaliação aos 118 dias após a inoculação para Pb₂₀¹, isolado de raízes de quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) e 131 dias após a inoculação para Pb₂₄², isolado de raízes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum*).

²Médias de seis repetições; médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Adaptado de Inomoto, Machado e Antedomênico (2007).

Recentemente, Queiróz *et al.* (2014) avaliaram a resposta de acessos e cultivares de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum*, cultivados em casa de vegetação, ao *Pratylenchus brachyurus*, tendo como testemunhas o milho BRS 2020 (susceptível) e milho ADR 300 (resistente). Os autores reportaram que todos os materiais

avaliados permitiram a multiplicação do nematoide, com exceção de *B. humudicola* cv. BRS Tupi (Tabela 4), a qual foi classificada como moderadamente resistente.

TABELA 4. Média da população final (substrato + raiz) de *Pratylenchus brachyurus* (Pfinal), fator de reprodução (FR), porcentagem de redução do fator de reprodução (PR) em relação ao padrão de suscetibilidade e tipo de reação apresentada pelos acessos e cultivares inoculados com *P. brachyurus*.

| Acesso/Cultivar | Pfinal¹ | FR | PR | Reação² |
|--------------------------------------|---------------------------|-----------|-----------|---------------------------|
| <i>Brachiariaruziziensis</i> | 2546 c* | 2,55 | 75,48 | PR |
| <i>B. brizantha</i> cv. BRS Piatã | 4079 b | 4,08 | 60,77 | PR |
| <i>B. humudicola</i> cv. BRS Tupi | 977 c | 0,98 | 90,58 | MR |
| <i>B. brizantha</i> cv. BRS Paiaguás | 4776 b | 4,78 | 54,04 | PR |
| B4 (<i>B. brizantha</i>) | 5320 b | 5,32 | 48,85 | S |
| <i>B. brizantha</i> cv. BRS Ipyporã | 5810 b | 5,81 | 44,13 | S |
| <i>P. maximum</i> cv. Tanzânia | 4016 b | 4,02 | 61,35 | PR |
| <i>P. maximum</i> cv. Massai | 8149 b | 8,15 | 21,63 | AS |
| PM32 (<i>P. maximum</i>) | 5766 b | 5,77 | 44,52 | S |
| PM36 (<i>P. maximum</i>) | 8788 a | 8,79 | 15,48 | AS |
| PM45 (<i>P. maximum</i>) | 9117 a | 9,12 | 12,31 | AS |
| PM46 (<i>P. maximum</i>) | 5565 b | 5,57 | 46,44 | S |
| Milho BRS 2020 | 10401 a | 10,4 | padrão | AS |
| Milheto ADR 300 | 1329 c | 1,33 | 87,21 | MR |
| Coefficiente de variação (%) | 35,9 | | | |

¹Médias de sete repetições, em um experimento realizado de maio a setembro de 2011. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%; para fins de análise, os dados foram transformados para $(x+1)1/2$. ²AS =altamente suscetível à *P. brachyurus* (PR: 0-25%), S = suscetível (PR: 26-50%), PR = pouco resistente (PR: 51-75%); MR = moderadamente resistente (PR: 51-95%), R = resistente (PR: 96-99%) e AR ou I = altamente resistente ou imune (PR: 100%). Adaptado de Queiróz *et al.* (2014).

A integração lavoura-pecuária aumenta a atividade biológica do solo em decorrência da reposição e/ou manutenção da matéria orgânica no solo, restaurando a atividade de microrganismos benéficos que controlam fitopatógenos do solo, induzindo a supressividade. Entre essas, encontram-se espécies de *Trichoderma* spp. e formas não patogênicas de *Fusarium oxysporum*, os quais exercem o antagonismo à fitopatógenos como *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp. e *Sclerotinia* spp., por meio do parasitismo e/ou antibiose (Aytoun, 1953; Durrell, 1966; Rai, Singh e Singh, 1980; Slagg e Fellows, 1947).

O *Trichoderma* spp. é o microrganismo mais estudado, e um dos precursores no controle biológico. Contudo, além da atividade de biocontrole, o gênero tem

apresentado sucesso como agentes promotores de crescimento em plantas, na melhoria da germinação e sanidade de sementes (Ethur *et al.*, 2006).

Em quatro diferentes rotações de cultura, sob sistema de plantio direto, a população de *Trichoderma* spp. foi a maior no Sistema Santa Fé e a menor na rotação milho/feijão. Assim, o agente de biocontrole foi beneficiado pela presença de *Brachiaria*. No que concerne a este sistema, a *Brachiaria* em consórcio com o milho, a ser utilizada posteriormente como palhada, pode ao longo dos anos, ou com o seu uso contínuo, induzir a supressividade geral de *F. solani* e o aumento de *Trichoderma* spp. (Corrêa *et al.*, 2008). Essa relação antagônica de *Trichoderma* spp. contra o patógeno *Fusarium* spp., também foram evidenciadas em solo rizosférico de raízes de plantas de soja com e sem sintomas de síndrome da morte súbita (Milanesi *et al.*, 2013).

Em ensaio conduzido em Jataí (GO) foi relatado a eficiência do controle biológico de *S. sclerotiorum* com *Trichoderma harzianum* e a interação entre agente de controle biológico com a palhada de braquiária (*B. ruziziensis*) (Görgen *et al.*, 2008). Os autores observaram que cerca de 97% dos escleródios obtidos na camada superficial da área com palhada estavam colonizados por *Trichoderma* spp. (Tabela 5), favorecido pelo microambiente proporcionado pela palhada.

TABELA 5. Porcentagem de escleródios mortos, parasitados por *Trichoderma* spp. e por outros fungos, em solo coberto ou não com *B. ruziziensis*, com ou sem aplicação de *T. harzianum* ‘1306’.

| Condição | % de escleródios mortos | % de parasitismo de escleródios por <i>Trichoderma</i> spp. | % de parasitismo de escleródios por outros fungos | Apotécios/m² formados em campo |
|---------------------------|--------------------------------|--|--|--|
| Sem <i>B. ruziziensis</i> | 41,91 b | 44,70 b | 22,63 a | 18,15 a |
| Com <i>B. ruziziensis</i> | 80,1 a | 97,07 a | 19,08 a | 2,00 b |

*Após aplicação de uma formulação de *Trichoderma harzianum* ‘1306’ em suspensão oleosa com 2×10^9 esporos viáveis / mL.

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey (5%). Adaptado de Görgen *et al.*(2008).

Em sistema integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) a presença do componente arbóreo favorece a sobrevivência de fungos entomopatogênicos encontrados naturalmente no solo (Matiero, 2015). Reduz população de *Mahanarva spectabilis*, a qual é a principal praga em pastagens de *Brachiaria*, em especial a *Brachiaria brizanta* cv. Marandu, que é altamente suscetível.

Diferentes sistemas produtivos (integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF); sistema Santa Fé; floresta em monocultivo de eucalipto; e pastagens em monocultivo de braquiária) influenciam a antropodofauna de predadores associados ao solo, no estado do Mato Grosso. Entretanto, o sistema de ILPF foi o mais favorável para a frequência e riqueza de artrópodes predadores (Barros, 2016).

Com relação aos insetos, os sistemas de produção integrada, geram benefícios e contribuições ecológicas e ambientais por promover a biodiversidade e favorecer novos nichos e habitats para os inimigos naturais (Balbino et al. 2012). No estado do Mato Grosso, o sistema de ILPF foi verificado como o mais favorável para a frequência e riqueza de artrópodes predadores quando comparado a lavoura em monocultivo de soja no verão e cultivo subsequente de milho consorciado com braquiária, floresta em monocultivo de eucalipto, e pastagem em monocultivo de braquiária (Barros, 2016). Da mesma forma, Martiero (2015) verificou que a presença do componente arbóreo, utilizado na ILPF favorece a sobrevivência de fungos entomopatogênicos encontrados naturalmente no solo.

Entre as pragas presentes na cultura da soja, infestação de *Plusinae* é menor em sistemas produtivos integrados e maior em soja sobre monocultivo (Pitta et al., 2014)

Produção de grãos em sistemas integrados

Estudando sistemas integrados, Magalhães et al. (2017) avaliaram a produtividade de grãos em cinco sistemas de produção: 1) lavoura (Lav.): soja na safra seguida de milho + braquiária na safrinha, sem entrada de animais (Figura 2); 2) integração lavoura-pecuária (ILP): soja na safra seguida de *Brachiaria brizanta* cv. Marandu (pastejo de abril a setembro); 3) integração lavoura-floresta (ILF): soja na safra seguida de milho + braquiária na safrinha, sem entrada de animais; 4) integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF1): soja na safra seguida de milho + braquiária na safrinha, porém sem entrada de animais - nesse sistema houve entrada de animais de fevereiro a setembro de 2015; 5) integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF2): soja na safra seguida de milho + braquiária na safrinha, com entrada de animais após a colheita do milho, com pastejo por aproximadamente 60 dias. Os sistemas com o componente florestal (linhas triplas de eucaliptos no espaçamento 3,0 x 3,5 x 30 m - densidade de 270 árvores por hectare) foram estabelecidos em novembro de 2011. No início da safra 2015/2106 os eucaliptos estavam com 4 anos de idade (altura média de 15,5 m e DAP médio de 15,5 cm). As linhas de eucalipto foram plantadas seguindo orientação leste-oeste.



FIGURA 2. Aspecto da palhada nos sistemas ILP e ILPF1, no dia da semeadura da soja, safra 2015/2016.

De acordo com Magalhães et al. (2017), apenas a partir do quarto ano que os sistemas integrados com árvores apresentaram redução na produtividade da soja, em que apenas o sistema ILF apresentou redução de 18,2% em relação a Lav. Na quinta safra (2015/2016; Figura 3), o sistema ILPF também apresentou produtividade inferior (redução de 24% em relação ao Lav.). Entretanto, o sistema ILPF2, considerado o mais intensivo, não diferiu na produtividade de soja dos sistemas sem árvores, em nenhum dos cinco primeiros anos. Na comparação entre os sistemas com e sem árvores, as reduções de produtividade de grãos de milho foram de 19% na terceira safra, 37% na quarta safra, e 36% na quinta safra (2015/2016; Figura 4).

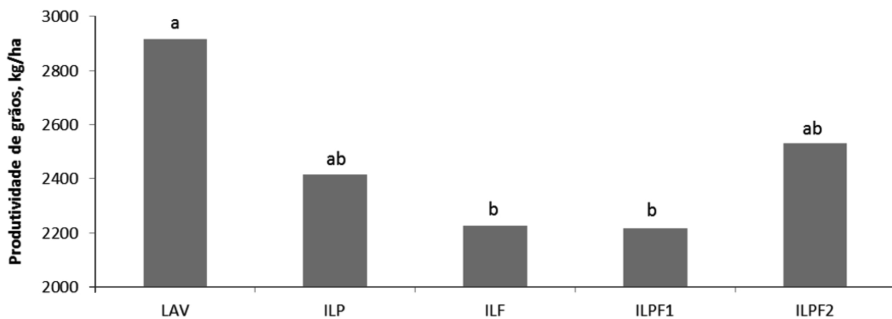


FIGURA 3. Produtividade de grãos de soja em cinco sistemas de produção (safra 2015/2016).

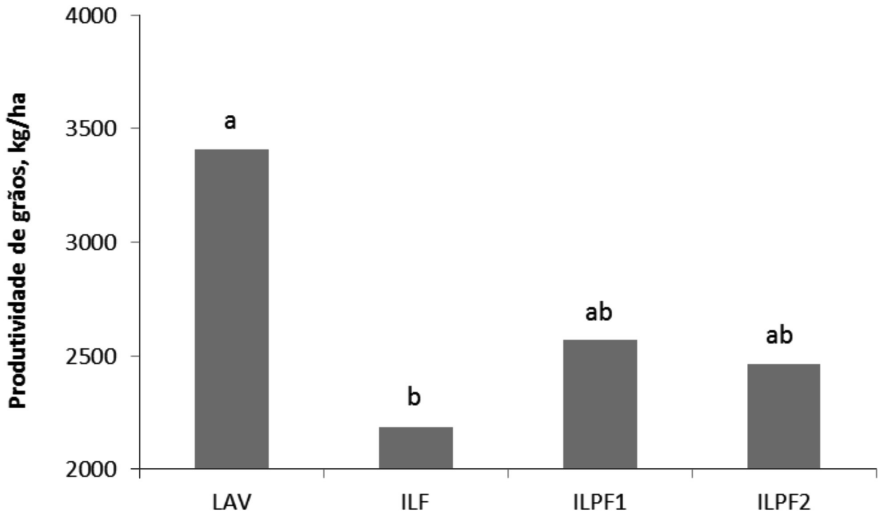


FIGURA 4. Produtividade de grãos de milho em dois sistemas de integração (safra 2015/2016).

A produção animal em sistemas de integração lavoura-pecuária

O pastejo é o processo de busca, seleção e captura da forragem na pastagem em sucessivos bocados, que passam por decisões quanto à seleção da espécie e parte da planta a ser ingerida nos sítios de pastejo (Carvalho e Moraes, 2005). Assim, as decisões tomadas no processo de condução do pastejo são muito importantes, fundamentais para alcançar a máxima eficiência no manejo do pastejo em sistemas integrados. Nesse caso, a definição da meta de pastejo, deve ser tomada com base na altura do dossel, oferta de forragem, entre outros, pois são parâmetros que influenciam a taxa de lotação, resultando na determinação da quantidade de animais por unidade de área e/ou na distribuição destes animais na área, dependendo do método de lotação empregado (e.g., contínuo e intermitente) (Carvalho *et al.*, 2007).

O método de lotação, bem como a taxa de lotação exercida no sistema ILP promove modificações morfofisiológicas no dossel forrageiro, resultando em um maior ou menor *turno verde* tecidos da parte aérea e de raízes, impactando da produtividade agrícola subsequente. Ponto importante, visto que as raízes são fundamentais para a estruturação da física e ciclagem de nutrientes em solos com revolvimento mínimo (Carvalho *et al.*, 2010).

De modo geral, os sistemas de produção animal, sejam em monocultivo ou em ILP, trabalham com elevada taxa de lotação, em que, o número de animais utilizados é maior que a capacidade produtiva do pasto. Consequentemente, em sistemas de integração, a elevada taxa de lotação incide sobre ambas as fases do sistema,

pastagem e lavoura, podendo aumentar o tempo para o acabamento dos animais em terminação (Aguinaga *et al.*, 2006), devido a redução do desempenho individual dos animais e menor cobertura de palha no solo para o plantio direto subsequente. Além disso, a elevada taxa de lotação pode ocasionar maior incidência de plantas invasoras e menor retenção de água no solo devido a menor cobertura do solo e densidade de perfilhos, por conseguinte, reduz o volume de raízes que são responsáveis por formar macro poros no solo, utilizados para a infiltração e retenção da água no solo. A baixa cobertura do solo também expõe o solo ao pisoteio dos animais, causando uma compactação superficial o que também reduz a infiltração de água.

Deste modo, a maior taxa de lotação restringe a seleção da forragem e aumenta o número de estações alimentares, forçando o animal a caminhar mais, aumentando o seu gasto energético o que pode reduzir desempenho individual, compensado pelo maior desempenho por área (Figura 5a). No entanto, a lavoura subsequente pode ser influenciada a medida em que aumenta deslocamento dos animais por busca e apreensão do alimento, visto que o maior caminhamento aumenta o número de impactos do casco no solo e da área potencialmente impactada (Figura 5b).

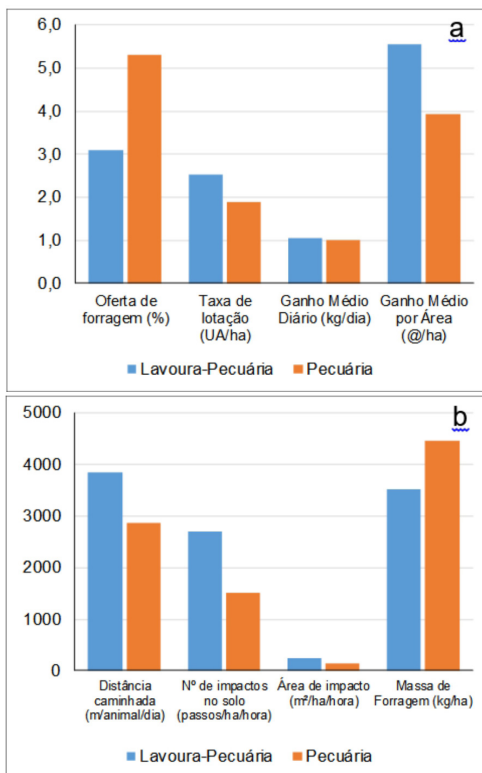


FIGURA 5. Desempenho (a) e padrões de deslocamento (b) de novilhos em pastagem em sistema de integração lavoura-pecuária e pecuária. Os dados foram calculados a partir de Domiciano *et al.* (2016), considerando uma área de impacto de 0,09 m²/casco como sugerido por Di *et al.*(2001). Os dados foram calculados considerando o deslocamento decorrente do período de 24 horas (medido por GPS), envolvendo o deslocamento em pastejo e outras atividades.

Sistemas integrados são altamente dinâmicos e as ações tomadas sobre um componente do sistema reflete de modo proporcional aos demais. Deste modo, os efeitos da confluência de diferentes parâmetros afetados pela natureza do manejo convergem para um objetivo comum: aumento da produtividade.

De acordo com Silva (2017), o capim-marandu manejado sob lotação contínua com taxa de lotação variável pode ter o acúmulo de forragem (AF) aumentado em até 60,4% no primeiro ano de utilização de um pasto após dois anos de lavoura (soja na safra e milho na safrinha), quando comparado o sistema de pecuária com o lavoura-pecuária. Esse aumento permitiu um ganho de 19,2% na taxa de lotação (TL) e de 23,8% no ganho médio diário (GMD) dos animais. Isso demonstra o potencial de aumento nas variáveis de produção animal, o que resultou em 729 kg/ha de ganho em peso por área (GPA), índice 29,9% maior do que o GPA do sistema pecuária (561 kg/ha; Tabela 6). Importante ressaltar que esse índice registrado no sistema pecuária é muito acima da média nacional que é de 120 kg/ha (ABIEC, 2017). Nesse caso, os GPA com a ILP podem ser até seis vezes maiores do que a média do Brasil. Resultados como este ressaltam a importância do potencial de aumento na produção animal quando os sistemas são integrados.

TABELA 6. Acúmulo de forragem (AF), ganho em peso médio diário (GMD), ganho em peso por área (GPA), taxa de lotação média (TL) em diferentes sistemas de produção em Sinop/MT.

| Variáveis | Sistemas | |
|-------------|----------|---------|
| | P | ILP |
| AF (kg/ha) | 13410 b | 21520 a |
| GMD (g/dia) | 554 b | 686 a |
| TL (kg/ha) | 981 b | 1170 a |
| GPA (kg/ha) | 561 b | 729 a |

Médias seguidas pela mesma letra na linha não se diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância.

Conservação de solo e água em sistemas integrados de produção

O crescimento da população mundial, desenvolvimento econômico e consequente aumento na demanda por alimentos (FAO, 2009), tem resultado em grande pressão sobre os recursos naturais solo e água (Zolin e Rodrigues, 2015) e, em alguns casos, levado ao processo de degradação destes recursos.

Neste contexto, a erosão hídrica se destaca como um dos grandes problemas que ocasiona o empobrecimento dos solos brasileiros, gerando grandes impactos econômicos e ambientais (Rieger *et al.*, 2016). Tal degradação é decorrente, de forma geral, da interferência antrópica, devido a modificação das condições naturais o que,

por sua vez, altera a estrutura original do solo e favorece o escoamento superficial, bem como o carreamento de sedimentos e nutrientes que podem acarretar tanto o assoreamento quanto a eutrofização dos corpos d'água (Cruz, 2006).

Importante observar que a avaliação das perdas de solo e água assume papel de destaque na escolha e adoção de práticas de manejo que visem reduzir a degradação do solo (Martins *et al.*, 2003), e os sistemas de preparo/manejo do solo são cruciais no controle da erosão hídrica.

De uma forma geral, em sistemas convencionais há uma maior mobilização do solo, o que afeta sua estrutura e estabilização, fazendo com que o solo fique mais vulnerável aos processos erosivos. Por outro lado, o manejo da cobertura do solo em função dos resíduos culturais deixados na superfície tem efeito direto na redução da erosão hídrica, devido a diminuição da energia da chuva, favorecendo a infiltração de água (Cogo *et al.*, 2003).

No Brasil, embora exista ampla literatura sobre perda de água e solo, poucos são os estudos relacionados a esse tema em sistemas integrados, como por exemplo, sistemas de integração lavoura, pecuária e floresta. Adicionalmente, regiões de expansão agrícola, tais como a região de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado, no estado de Mato Grosso, carecem de melhor entendimento dos aspectos relacionados à perda de água e solo em diferentes configurações de uso e cobertura do solo (Rieger *et al.*, 2016).

Rieger *et al.* (2016) determinaram as perdas de solo e água após os eventos de chuva que geraram escoamento superficial, entre novembro de 2012 a maio de 2015, em um sistema integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), com o componente arbóreo o *Eucalyptus urograndis* clone h13 em consórcio com soja (1ª safra) e milho (sucessão - 2ª safra); e em lavoura (Lav.) com sucessão soja (1ª safra) e milho (sucessão - 2ª safra).

Nos anos 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015 a precipitação total foi de 2.210, 2.269 e 1.730 mm respectivamente. De forma geral as maiores precipitações ocorreram nos meses de janeiro a março dos três anos, com exceção de dezembro de 2013 onde ocorreu a maior precipitação mensal da série apresentada (676 mm). A soma do escoamento superficial durante o período avaliado foi de 108,43 mm para o tratamento ILPF e de 157,23 mm para o tratamento LV (Figura 6a).

O escoamento superficial foi 45% superior na lavoura do que na ILPF, indicando o efeito positivo do componente arbóreo para a redução da perda de água. Brito *et al.* (2005) associa menores perdas de água em floresta ao efeito sinérgico da interceptação da floresta, acúmulo de restos vegetais e melhor estruturação do solo em função do sistema radicular das árvores.

A perda total de solo foi de 0,647 Mg ha⁻¹ e 2,26 Mg ha⁻¹, respectivamente, para os sistemas ILPF e lavoura (Figura 6b). Isso significa que no sistema integrado de produção a perda de solo foi 349% menor quando comparada a lavoura, indicando, mais uma vez, o potencial dos sistemas ILPF para a redução da perda de solo. Martins *et al.* (2003) e Brito *et al.* (2005) verificaram que em sistemas com eucalipto os

valores de perda de solo são baixos, em relação ao limite de tolerância. O limite de tolerância de perda para o solo do presente estudo (Latossolo Vermelho distrófico típico) era de 11,22 Mg ha⁻¹ por ano.

Esses resultados indicam o potencial de sistemas integrados em reduzir o escoamento superficial e as perdas de solo. Importante destacar também que outro fator relevante, ainda a ser estudado, são as perdas de nutrientes associadas ao solo erodido. Essa informação é crucial para o melhor entendimento de como os efeitos sinérgicos dos sistemas integrados contribuem, ou não, para a redução das perdas de nutrientes.

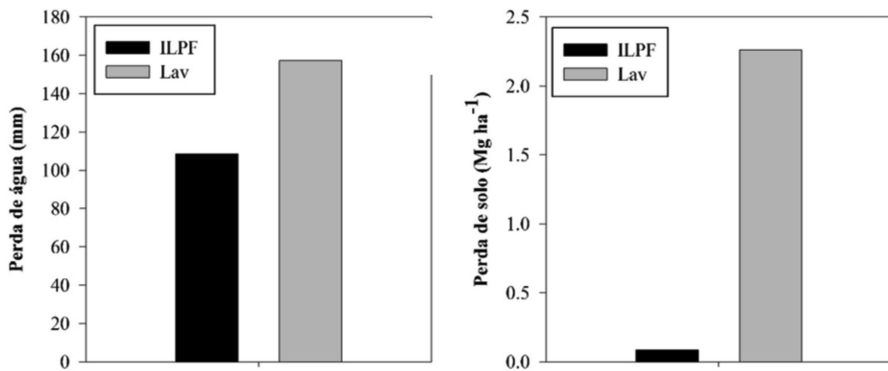


FIGURA 6. Perdas de água (a) e solo (b) em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e lavoura (Lav).

Estoques de carbono em sistemas integrados de produção

Os solos contêm o maior reservatório de carbono da superfície terrestre (Neff *et al.*, 2002). De acordo com Schimel (1995), em uma escala global, a matéria orgânica do solo (MOS) contém ≈1580 Gt de carbono, contra ≈610 Gt na vegetação terrestre, ≈750 Gt na atmosfera e 1020 Gt no oceano. A quantidade de carbono orgânico contida em um solo é função do equilíbrio entre a taxa de deposição de resíduos da vegetação no solo e a taxa de mineralização de carbono do resíduo pela biota do solo (Baldock & Nelson, 1999). Este balanço é especialmente importante em solos altamente intemperizados, como solos de regiões de clima tropical, onde a MOS desempenha um papel importante na sustentabilidade dos sistemas agrícolas devido aos benefícios na melhoria dos atributos do solo e no crescimento das plantas (Maciel *et al.*, 2011).

De acordo com Post e Kwon (2000), os fatores e processos que determinam a dinâmica da MOS incluem aqueles que promovem a síntese da MOS a partir das entradas orgânicas e aqueles que diminuem a MOS, via decomposição/mineralização. O declínio do carbono do solo após o cultivo é parcialmente atribuído à redução nas entradas de carbono, e ao aumento na decomposição da MOS como uma consequência do manejo do solo.

Alterações no uso do solo podem atuar como dreno ou fonte de carbono atmosférico, dependendo do sistema de manejo adotado. De acordo com FAO (2009), as principais causas da degradação das pastagens no mundo ocorrem devido ao manejo inadequado e ao uso de taxas de lotação que excedam a capacidade da planta forrageira se recuperar. No Brasil, além da superlotação, a ausência de adubações periódicas de manutenção, falhas no estabelecimento das pastagens, uso do fogo e problemas como o ataque de pragas e insetos, são apontados como as principais causas da degradação (Dias Filho, 2014).

A fim de reverter ou deter a perda líquida de carbono, a adoção de práticas conservacionistas, como a substituição monocultivo por sistemas integrados, como a ILP, associados ao sistema plantio direto com rotação de culturas, podem ser estratégias eficientes de mitigação desses efeitos. De acordo com Tichit *et al.* (2011), integrar atividades adicionais ao sistema de produção promove a diversidade biológica do solo e a autossuficiência do sistema, quando comparados com sistemas especializados de produção, além de trazer benefícios econômicos (Wilkins, 2008).

Na Amazônia brasileira, a transição de monocultivos para sistemas integrados de produção proporciona o acréscimo na produtividade, reduz as emissões de gases do efeito estufa e promove maior resiliência na área (Bonaudo *et al.*, 2014). O aumento dos estoques de carbono do solo está relacionado com o aumento da fertilidade do solo e, por conseguinte, com um sistema de manejo mais sustentável (Baldotto *et al.*, 2015). Contudo, ainda há muito que se estudar sobre os efeitos da conversão das terras naturais para usos agrícola ou pastoril no que se refere aos estoques de carbono no solo (Batlle-Bayer *et al.*, 2010).

De forma geral, a utilização de sistemas integrados, associados a práticas de manejo conservacionistas, com a utilização do sistema plantio direto, consórcios e rotações de culturas, proporciona aumento do aporte de resíduos, aumenta a cobertura do solo com consequente redução da temperatura. Já a ausência de revolvimento do solo contribui para maior agregação do solo e por consequência aumenta a proteção da MOS reduzindo as perdas pela decomposição microbiana.

Avaliando o efeito de sistemas ILP e ILPF, Gregolin (2017) observou que, após quatro anos agrícolas, a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) foi capaz de acumular quantidades de carbono no solo similares aos observados em área de mata nativa. Os experimentos foram conduzidos em Latossolo Vermelho-Amarelo na região de transição Cerrado/Amazônia localizada no norte do estado de Mato Grosso. O trabalho avaliou uma área com integração lavoura-pecuária (ILP) e duas áreas com integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), sendo uma delas com renques

de árvores espaçados em 50 metros (ILPF-50) e outra em 15 metros (ILPF-15). Os resultados mostraram que após dois anos de lavoura de feijão-caupi e milho seguidos de dois anos de pastagem com capim-piatã, tanto a ILP quanto ILPF-50 apresentaram estoques de carbono similares aos observados na área de mata nativa (Figura 7).

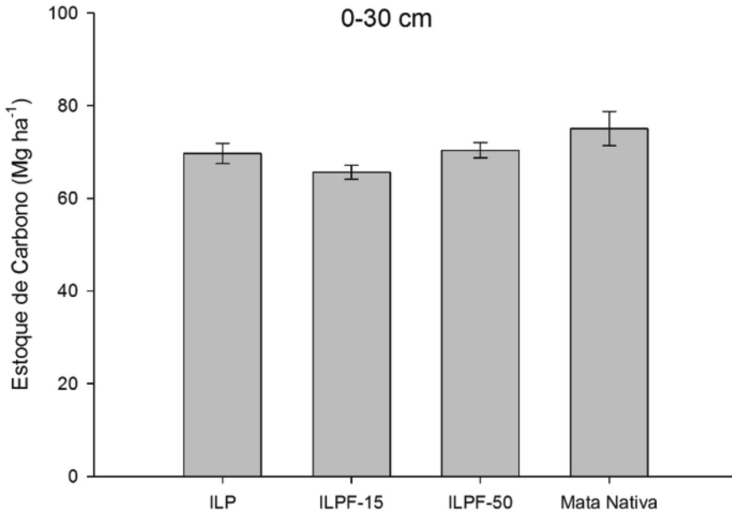


FIGURA 7. Estoques de carbono no solo na camada de 0-30 cm, em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP), e integração lavoura-pecuária-floresta com renques de árvores espaçados em 50 (ILPF-50) metros e em 15 metros (ILPF-15). Adaptado de Gregolin (2017).

Os maiores estoques foram observados para ILPF-50 e ILP com valores de 70,4 e 69,7 Mg ha⁻¹. Embora a área com ILPF-15 não tenha alcançado estoque similar ao da mata, este tratamento apresentou valor de estoque de carbono no solo igual a 65,5 Mg h⁻¹. Comparados aos valores iniciais, esses valores representam um acúmulo médio anual de 0,2, 1,0 e 1,4 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para ILPF-15, ILP e ILPF-50, respectivamente. O autor atribuiu a alta capacidade de acúmulo de carbono pelos sistemas integrados ao maior aporte de resíduos vegetais, associada a adoção de práticas conservacionistas que favorecem o acúmulo e a preservação do carbono no solo. Lal (2006) considera que áreas sob pastagens bem manejadas na região amazônica podem acumular, em média, 0,27 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de carbono os primeiros 30 cm do solo. Esses resultados demonstram o grande potencial de sequestro de carbono no solo sob sistema integrado, indicando-o como uma importante estratégia para a produção sustentável contribuindo para a melhoria da qualidade do solo e para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa.

Emissões de óxido nitroso em sistema de integração lavoura-pecuária

O aumento da emissão de gases de efeito estufa (GEE) e consequente aquecimento global do planeta vêm acarretando a busca por estratégias que visem à redução das fontes destes gases. Sabe-se que alguns usos da terra e condições de manejos adotados podem potencializar ou mitigar a emissão de GEE para a atmosfera (Carvalho *et al.*, 2010). É iminente a preocupação em aumentar a produção de alimentos, de forma qualitativa, a fim de atender a demanda de consumo da população mundial. Nesse sentido, buscam-se encontrar sistemas de uso do solo mais eficientes e sistemas que tenham capacidade de produzir mais alimentos (grãos, carne, fibra, leite, etc.) com menor impacto ao ambiente e com maior aceitação mundial (Piva, 2012).

No Brasil, a mudança de uso e manejo da terra vem ocorrendo de forma dinâmica e com elevada intensidade, sobretudo nos biomas Amazônia e Cerrado, o que pode resultar em fonte ou dreno de GEE para atmosfera. Áreas sob vegetações nativas estão sendo ocupadas por pastagens e agricultura, as quais emitem quantidades consideráveis de GEE, principalmente devido ao desmatamento e queima da biomassa aérea (Carvalho *et al.*, 2010).

Dessa forma, a implantação de sistemas produtivos ambientalmente mais coerentes, como a integração lavoura-pecuária, podem ser de grande importância para o desenvolvimento de sistemas mais sustentáveis, sendo necessário aplicar técnicas adaptadas a cada tipo de cultivo e local, visando garantir a máxima funcionalidade da terra (Guerra, 2014).

Com o objetivo de avaliar as emissões de N_2O nos primeiros anos de implantação de um sistema ILPF, um estudo foi conduzido na Embrapa Agrossilvipastoral, em Sinop-MT. Foram avaliados os tratamentos floresta de eucalipto (F), lavoura (L), pecuária (P), ILP, IPL. No sistema ILP, foram efetuados dois anos de lavoura soja-milho, nos primeiros dois anos do sistema (safra 2012/2013), e nos dois anos posteriores (safra 2013/2014), implantado a pastagem com *Brachiaria brizantha*. Já O IPL, nos dois primeiros anos, foi implantado braquiária na área (safra 2012/2013), e nos dois anos posteriores (safra 2013/2014), plantado soja na safra e milho consorciado com pasto na safrinha. Os sistemas exclusivos, referentes a floresta de eucalipto (*Eucalyptus urograndis* clone H13), lavoura (soja no verão + milho safrinha consorciado com pasto), e pasto com *Brachiaria brizantha*, respectivamente, foram utilizados como referência para a avaliação e comparação.

Comparação dos fluxos de N_2O para todos os sistemas estudados

Nos meses da estação chuvosa, a lavoura e o sistema IPL foram os que possuíram as maiores médias de fluxos de N_2O . Na lavoura ocorreram os maiores fluxos, em relação aos outros sistemas no mês de janeiro, enquanto na IPL ocorreram de novembro até o mês de janeiro. A floresta de eucalipto, pecuária e ILP não

apresentaram fluxos elevados na estação chuvosa quando comparados a lavoura e a IPL. A partir do mês de maio, início da estação seca, apresentam os menores fluxos de N_2O . Para o mês de outubro, houve um aumento nos fluxos dos tratamentos, o que representou também a transição da estação seca para chuvosa.

Os altos fluxos, na estação chuvosa, podem estar associados a maior exposição a ação das intempéries climáticas nos sistemas de lavoura e IPL. Como sugerido por Ciampitti (2008), estes elevados fluxos também devem ser resultado da decomposição de resíduos, associado com a concentração de nitrogênio no solo. Os sistemas de IPL e lavoura, além de possuir soja nos meses referentes aos maiores fluxos, possuíam ainda a palhada da braquiária. De acordo com Lima (2013), a palhada gera o aumento da decomposição desses resíduos vegetais, aumenta a atividade microbiana e consequentemente a emissão de N_2O . Os maiores fluxos de N_2O ocorrem na presença de cobertura vegetal quando formados por palhada de braquiárias, justificando a maior emissão nos sistemas IPL e lavoura.

Conforme Kin *et al.* (2010), o excesso de N de entrada acima da taxa de absorção pelas plantas pode ser um fator contribuinte para a emissão de N_2O . Gomes *et al.* (2009) explicam que os fluxos estão diretamente relacionados aos teores de N no material vegetal, ou seja, a relação (C/N) dos resíduos, e que as emissões são maiores em sistemas manejados com culturas leguminosas (<C/N). O fator relacionado as condições de umidade e elevada temperatura do solo, fazem com que haja intensa atividade microbiológica no solo que acelera o processo de decomposição da matéria orgânica, afetando consequentemente a dinâmica do N. Dessa forma os sistemas de lavoura e IPL por possuírem a leguminosa (soja) e a palhada da braquiária, apresentam maiores fluxos de N_2O .

O sistema ILP, na estação chuvosa, era composto de pastos de braquiária, assim como a sistema pecuária, ou seja, apresentavam uma alta produção de forrageira, configurando maior proteção ao solo. O mesmo acontece com a floresta, em que o componente florestal diminui a compactação e a erosão, reduz o efeito erosivo do vento (Amador, 2003). A cobertura vegetal contribui para a diminuição das perdas causadas pelo processo de erosão hídrica, atuando na proteção do solo, com isso evitando maiores fluxos de N_2O (Guadagnin *et al.*, 2005).

De maneira geral, a umidade do solo é um dos fatores que mais interferem nos fluxos de N_2O nos sistemas (Neto *et al.*, 2011). Os menores fluxos e, consequentemente, as menores médias, ocorreram na estação da seca. Os altos fluxos podem ser causados pelos maiores e mais estáveis conteúdos de água do solo, em que existe maior evapotranspiração (Alvarez, 2014).

Assim, de acordo com Braga *et al.* (2011), o elevado fluxo do gás é ocasionado pelo aumento na quantidade de porosidade preenchida por água (PPA) e, consequente, diminuição no O_2 disponível. Para Bateman e Baggs (2005), isto favorece a formação de ambientes anaeróbicos no solo, aumentando as atividades de desnitrificação e, consequentemente, resultando em maior quantidade de N_2O emitido para a atmosfera (Davidson *et al.*, 2000).

Nos meses de seca (maio a setembro), houve decréscimo dos fluxos em todos os sistemas. Nesses meses, enquanto a lavoura e IPL possuíam milho no sistema, seguido com a braquiária de junho a outubro, os fluxos foram menores quando comparados aos meses anteriores.

Nessa época, também, foram registrados os menores fluxos na pecuária, ILP e floresta de eucalipto. Os baixos fluxos podem ser explicados pela relação C/N desses sistemas. Pacheco (2014) afirma que o uso de culturas com alta relação C/N, faz com que a atividade microbiana do solo diminua, o que normalmente ocorre com gramíneas. Consequentemente, essa diminuição da atividade microbiana reduz os fluxos de N_2O . Além disso, a diminuição dos fluxos pode ser relacionada a diminuição de PPA e temperatura do solo (Corrêa, 2014), características registradas nessa época.

Outro fator que interfere na emissão de N_2O é a aplicação de fertilizantes nitrogenados. Assim, o manejo inadequado de dose, fonte, época de aplicação e localização do fertilizante nitrogenado e a ausência de um balanço adequado com outros nutrientes podem intensificar as perdas de nitrogênio (N) e a emissão de N_2O (Vieira *et al.*, 2010).

Para este experimento, a lavoura e IPL tiveram adubação com ureia (300 kg/ha) no dia 28 de março e até dezessete dias (14 de abril) após a aplicação notou-se diferenças entre os dois sistemas. Enquanto que na lavoura houve um pequeno aumento nas emissões. De acordo com Signor (2010), os fatores de emissão de N_2O aumentam quando se adiciona ureia como fertilizante, resposta que pode ser tão maior quanto for a dose de N. Além dessas considerações, é importante observar como o efeito da adubação nitrogenada interage com outros fatores que também afetam a emissão de N_2O , como umidade e textura do solo (Signor, 2010).

A temperatura do solo é um fator que pode influenciar a emissão de N_2O . A temperatura determina as taxas nas quais os microrganismos realizam os processos de nitrificação e desnitrificação. Em temperaturas amenas, em torno de $5^{\circ}C$, as emissões de N_2O são próximas a zero (Zhang e Han, 2008), assim a taxa de conversão de compostos nitrogenados é baixa, aumentando à medida que a temperatura também aumenta (Signor, 2010). Segundo Schidbacher *et al.* (2004), a emissão de N_2O aumenta, pois, os processos enzimáticos são facilitados.

Os fluxos médios anuais de N_2O em sistemas de floresta de eucalipto e sistemas com a pecuária representaram as menores médias anuais de fluxo de N_2O , com média $-0,94 \mu g N m^{-2} h^{-1}$ e $1,4 \mu g N m^{-2} h^{-1}$, respectivamente. Estes sistemas são propensos à baixas emissões e com grandes influxos do gás da atmosfera para o solo (Figura 8). Enquanto ILP, lavoura e IPL apresentaram diferenças aos outros dois sistemas, com médias de $6,85 \mu g N m^{-2} h^{-1}$, $11,66 \mu g N m^{-2} h^{-1}$ e $15,26 \mu g N m^{-2} h^{-1}$. Essas são as maiores médias anuais de emissões de N_2O com poucos influxos.

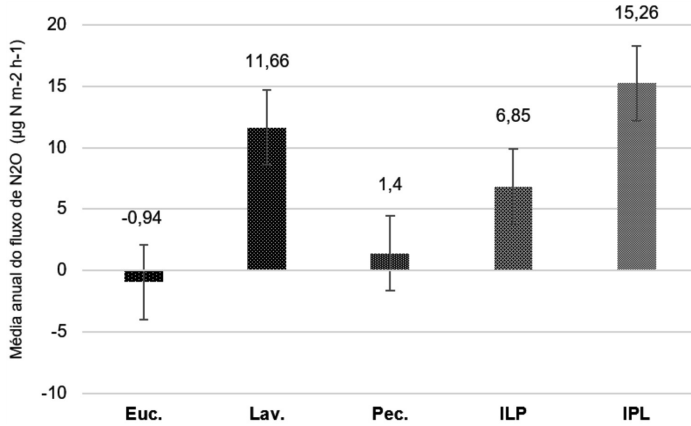


FIGURA 8. Média dos fluxos de N₂O em floresta de eucalipto (Euc.), lavoura (Lav.), pecuária (Pec.) e em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) e pecuária-lavoura (IPL). Barras verticais representam o desvio em relação à média.

Ao comparar o fluxo acumulado de N₂O em todos os sistemas, identifica-se que a floresta de eucalipto foi a que obteve menor fluxo acumulado do gás, com um valor próximo a zero, de 10,41 µg N m⁻² h⁻¹ seguido de 136,63 µg N m⁻² h⁻¹ do sistema pecuária. Já a ILP obteve um valor de N₂O acumulado aproximadamente 4 vezes maior que a pecuária, com 563,36 µg N m⁻² h⁻¹, enquanto que a lavoura com 991,01 µg N m⁻² h⁻¹. A IPL apresentou o maior valor de fluxo acumulado com valor de 1221,25 µg N m⁻² h⁻¹ (Figura 9).

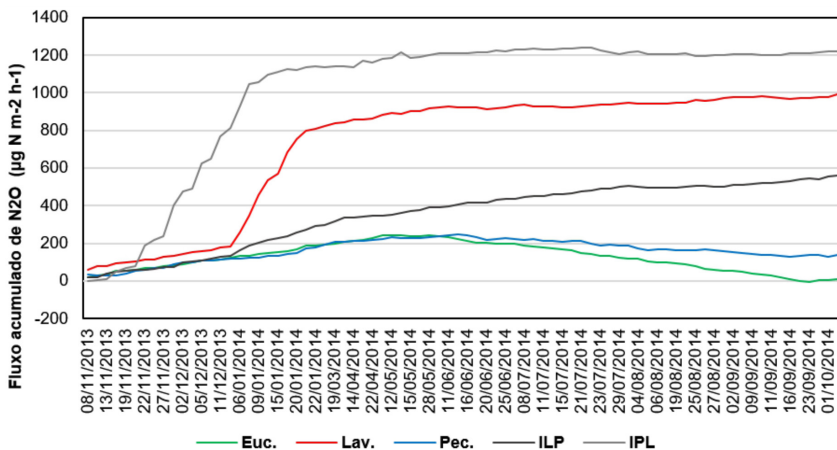


FIGURA 9. Fluxo acumulado de N₂O em todos os sistemas.

Os sistemas ILP e pecuária, e a floresta de Eucalipto apresentaram os mais baixos fluxos acumulados, sugerindo-os como sistemas recomendados para se obter menores emissões de N_2O .E, por mais que em alguns momentos houvesse fluxos negativos do gás, os fluxos positivos foram superiores. Assim, todo o gás que foi emitido pelo sistema, consequentemente não foi consumido na mesma proporção pelo solo, gerando valores de fluxo acumulado maiores que zero, e consequentemente, os sistemas avaliados não servem como dreno final de N_2O .

A busca por sistemas mais eficiente é uma necessidade para a agropecuária mundial, e sistemas que possam emitir menos e produzir mais devem ser mais explorados. Nesse sentido, os sistemas que apresentem pastagens bem manejadas, como o sistema pecuária e os integrados podem ser alternativas para o futuro da produção de alimentos com mais eficiência e menor emissão de GEE.

Considerações finais

Os sistemas integrados são mais uma ferramenta a disposição do setor produtivo, embora seja uma forma mais complexa de explorar a produção agrícola. O maior impacto está na possibilidade de unir a produção de grãos com a produção de carne, o que oferece alternativas com potencial de aumentar a produtividade e melhorar a estabilidade econômica do negócio. Com o benefício de, agora, o agropecuarista ter maior poder na tomada de decisão sobre o destino da produção. Além disso, existe a possibilidade de redução do uso de agroquímicos em razão da quebra dos ciclos de pragas, doenças e plantas invasoras.

Produzir mais e melhor, com menos insumos e com menor utilização dos recursos naturais não é mais uma alternativa, mas uma necessidade. Nesse cenário, os sistemas de integração lavoura-pecuária podem colocar o Brasil na condição de grande produtor de alimentos com reduzido impacto ambiental.

Referências Bibliográficas

ABIEC (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras). Perfil da pecuária no Brasil. Relatório Anual. 2015.

Aguinaga AAQ, et al (2006) Produção de novilhos superprecoces em pastagem de aveia e azevém submetida a diferentes alturas de manejo. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 35, n. 4 SUPPL., p. 1765–1773.

Almeida ARP, Lucchesi AA, Abbado MR (1997) Efeito alelopático de espécies de *Brachiaria* Griseb. sobre algumas leguminosas forrageiras tropicais. II. Avaliações em casa de vegetação. Boletim de Indústria Animal, v. 54, n. 2, p. 45–54.

Álvarez LS (2014) Fluxos e balanço de gases de efeito estufa em solo do Uruguai afetado

por sistemas de manejo, 2014. 140 p. Tese de doutorado em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, BR.

Amador DB (2003) Restauração de ecossistemas com sistemas agroflorestais. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, p. 333 – 340.

Asmus GL, Cargnin RA (2005) Reação de culturas de cobertura a *Rotylenchulus reniformis*. Congresso Brasileiro de Nematologia. Anais...Piracicaba, SP: Sociedade Brasileira de Nematologia.

Aytoun RSC (1953) The Genus *Trichoderma*: Its relationship with *Armillaria Mellea* (Vahl ex Fries) Quel, and *Polyporus schweinitzh* Fr., together with preliminary observations on its ecology in woodland soils. Transactions of the Botanical Society of Edinburgh, v. 36, n. 2, p. 99–114.

Balbino LC, et al. Sistemas de integração: o que são, suas vantagens e limitações. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012. p. 256.

Balbino LC, Cordeiro LAM, Oliveira P, Kluthcouski J, Galerani PR, Vilela. Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Informações Agronômicas, 138, 2012. 18p.

Baldock JA, Nelson PN (1999) Soil organic matter. In: Handbook of Soil Science. (ed M. Sumner), CRC Press, Boca Raton, FL, pp. B25-B84.

Baldotto MA, Vieira EM, Souza DO, Baldotto LEB (2015) Estoque e frações de carbono orgânico e fertilidade de solo sob floresta, agricultura e pecuária. Revista Ceres. 62: 301-309.

Barros SKA (2016) Influência de sistemas produtivos sobre a comunidade de predadores epígeos. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Mato Grosso. Mato Grosso, MT, BR.

Bateman EJ, Baggs EM (2005) Contributions of nitrification and denitrification to N₂O emissions from soils at different water-filled pore space. Biology and Fertility of Soils, 41, p. 379–388.

Battle-Bayer L, Batjes NH; Bindraban PS (2010) Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: a review. Agriculture, Ecosystem and Environment. 137: 47-58.

Berni RF, Silveira PMDA, Costa JLDAS (2002) Influência do preparo de solo e da rotação de culturas na severidade de podridões radiculares no feijoeiro comum. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 32, n. 2, p. 69–74.

Bonaudo T, Bendahan AB, Sabatier R, Ryschawy J, Bellon S, Leger F, Magda D, Tichiti M (2014) M. Agroecological for the redesign of integrated crop-livestock systems. European Journal of Agronomy. 57: 43-51.

Braga DM, Costa MKL, Pontes TL, Alves BJR, Shigaki F (2011) Volatilização de amônia e emissão de óxido nitroso em função da adubação com uréia e vinhoto em cana-de-açúcar. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo – CBCS, 33., 2011, Uberlândia. Anais... Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, v. 1, p. 1-3.

Brito LDEF, Silva MLN, Curi N, Leite FP, Ferreira MM, Pires LS (2005) Erosão hídrica de Latossolo Vermelho muito argiloso relevo ondulado em área de pós-plantio de eucalipto no Vale do Rio Doce, região Centro Leste do estado de Minas Gerais. *Scientia Forestalis*, v.67, p.27-36.

Carneiro RMDG, Carvalho FLC, Kulczynski SM (1998) Seleção de plantas para o controle de *Mesocriconema xenoplax* e *Meloidogyne* spp. através de rotação de culturas. *Nematologia Brasileira*, v. 22, n. 2, p. 41–48.

Carvalho JLN, et al (2010) Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, p. 277-289.

Carvalho PCDF, et al. Manejo de animais em pastejo em sistemas de integração lavoura-pecuária (A. de Moraes, Ed.) *International Symposium on International Crop-livestock Systems*. Anais...Curitiba, PR: UFPR, 2007. Disponível em: [http://www.ufrgs.br/gpep/documents/capitulos/Manejo de animais em pastejo em sistemas de integração lavoura-pecuária.pdf](http://www.ufrgs.br/gpep/documents/capitulos/Manejo%20de%20animais%20em%20pastejo%20em%20sistemas%20de%20integra%C3%A7%C3%A3o%20lavoura-pecu%C3%A1ria.pdf). Acessado em setembro, 2017.

Carvalho PCDeF, et al (2010) 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.

Carvalho PCDeF, Moraes ADE (2005) Comportamento ingestivo de ruminantes: bases para o manejo sustentável do pasto (U. Cecato & C. C. Jobim, Eds.) *Manejo Sustentável em Pastagem*. Anais...Maringá, PR: UEM.

Ciampitti LA, et al (2008) Nitrous oxide emissions from soil during soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) crop phenological stages and stubbles decomposition period. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, v. 44, n 4, p. 581- 588.

Civardi EA, Görden CA, Cunha MG, Ragagnin VA, Lobo Junior M (2012) Influência da densidade de cultivo de *Brachiaria ruziziensis* sobre a germinação de apotécios de *Sclerotinia sclerotiorum*. 6º Seminário Jovens Talentos. p.83. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/mobile/publicacoes/-/publicacao/941689/influencia-da-densidade-de-cultivo-de-brachiaria-ruziziensis-sobre-a-germinacao-de-apotecios-de-sclerotinia-sclerotiorum>. Acessado em setembro, 2017.

Cogo NP, Levien R, Schwarz RA (2003) Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. *RevBrasCienc Solo*. 2003; 27: 743-53. DOI: 10.1590/S0100-06832003000400019.

Corrêa CA, Oliveira PDe , Lobo Junior M, Silveira PMDa, Kluthcouski J (2008) Efeitos de rotações de cultura sob plantio direto sobre *Fusarium* spp. e *Trichoderma* spp. em cultivos de feijoeiro irrigado. In: Congresso nacional de pesquisa de feijão, 9. 2008, Campinas. *Ciência e tecnologia na cadeia produtiva do feijão*. Campinas: Instituto Agrônômico (IAC. Documentos, 85).

Corrêa RS (2014) Fluxos de N₂O em sistema integração lavoura-pecuária no bioma cerrado: comparação entre a câmara estática e o método fluxo- gradiente. 2014. 99 p. Dissertação de mestrado em Agronomia, Universidade Federal de Goiás. Goiás, GO, BR.

Costa JLDaS (2002) Reconstrução do solo e manejo de culturas no controle de podridões radiculares em feijoeiro. *Fitopatologia Brasileira*, v. 27, Suplemento, p. S37–S38.

- Costa JLDaS, Rava CA (2003) Influência da braquiária no manejo de doenças do feijoeiro com origem no solo. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed). Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 523-533.
- Costa JLS, Rava CA (2003) Influência da braquiária no manejo de doenças do feijoeiro com origem no solo. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 523-534.
- Cruz ES (2006) Influência do preparo de solo e de plantas de cobertura na erosão hídrica de um Argissolo Vermelho-Amarelo. Dissertação de mestrado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, BR.
- Davidson EA, Keller M, Erickson HE, Verchot LV, Veldkamp E (2000) Testing a conceptual model of soil emissions of nitrous and nitric oxides. *BioScience*, 50, n.8, 667-680.
- Di HJ, et al (2001) A mechanical hoof for simulating animal treading under controlled conditions. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, v. 44, n. 1, p. 111-116.
- Dias Arieira CR, et al (2003) Avaliação de gramíneas forrageiras para o controle de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* (Nematoda). *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 25, n. 2, p. 473-477.
- Dias Filho MB (2014) Diagnóstico das pastagens no Brasil. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402).
- Domiciano LF, et al (2016) Performance and behaviour of Nellore steers on integrated systems. *Animal Production Science*, n. Online Early, p. 10.
- Durrell LW (1966) Hyphal invasion by *Trichoderma viride*. *Mycopathologia et Mycologia Applicata*, v. 35, n. 2, p. 138-144.
- Ethur LZ, et al (2006) Sanidade de sementes e emergência de plântulas de nabo forrageiro, aveia preta e centeio submetidas a tratamentos com bioprotetor e fungicida. *Ciência e natureza*, v. 28, n. 2, p. 17-27.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Global agriculture towards 2050. 2009. Disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf. Acessado em: 10 março, 2016.
- FAO. The state of food and agriculture. Rome: FAO, 2009. Disponível em: <http://bit.ly/dcsAFD>. Acessado em março, 2016.
- Gomes JR, F. G., Christoffoleti, PJ (2008) Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. *Planta Daninha*, v. 264, n. 4, p. 789-798.
- Gomes J, et al (2009) Soil nitrous oxide emissions in long-term cover crops: based rotations under subtropical climate. *Soil & Tillage Research*, v. 106, n. 1, p. 36-44.
- Görgen CA, Civardi EA, Ragagnin VA, Silveira Neto Anda, Carneiro LC, Lobo Junior M (2010) Redução do inóculo inicial de *Sclerotinia sclerotiorum* em soja cultivada após uso do sistema Santa Fé. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.45, n.10, p.1102-1108.
- Görgen CA, Silveira Neto ANDA, Carneiro LC, Ragagnin VA, Lobo Junior M (2009) Controle do mofo-branco com palhada e *Trichoderma harzianum* 1306 em soja. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.44, p.1583-1590.

Görger CA, et al (2008) Controle de *Sclerotinia sclerotiorum* com o manejo de *Brachiaria ruziziensis* e aplicação de *Trichoderma harzianum*. Santo Antônio de Goiás, GO, Embrapa Arroz e Feijão.

Gregolin FS (2017) Estoque de carbono e nitrogênio do solo manejado com sistemas de integração. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop. Mato Grosso, MT, BR.

Guadagnin JC, et al (2005) Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol.29, n.2, Viçosa.

Guerra SCS (2014) Subsídio ao aprimoramento do manejo de irrigação de consórcios agroflorestais em situação de escassez hídrica. 2014. 104 p. Dissertação de mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal Rural do Espírito Santo, Vitória. Espírito Santo, ES, BR.

Ikeda FS, et al (2007) Banco de sementes no solo em sistemas de cultivo lavoura-pastagem. Pesq. agropec. bras v. 42, n. 11, p. 1545–1551.

Ikeda FS, Mitja D, Carmona R, Vilela L (2007) Caracterização florística de banco de sementes em sistemas de cultivo lavoura-pastagem. Planta Daninha, Viçosa, v. 25, n.4, p.735-745.

Inomoto MM, Machado ACZ (2007) ANTEDOMÊNICO, S. R. Reação de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* a *Pratylenchus brachyurus*. Fitopatologia Brasileira, v. 32, n. 4, p. 341–344.

Jakelaitis A, et al (2004) Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com campim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). Planta Daninha, v. 22, n. 4, p. 553–560.

Kageyama PY, et al (2003) Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, p. 333 – 340.

Kim D-G, Mishurov M, Kiely G (2010) Effect of increased N use and dry periods on N₂O emission from a fertilized grassland. Nutr Cycl Agroecosyst, v. 88, p.397-410.

Kluthcouski J, et al (1991) Renovação de pastagens de cerrado com arroz: I. Sistema Barreirão. Goiânia, GO, Embrapa Arroz e Feijão.

Kluthcouski J, et al (2000) Sistema Santa Fé-Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional Santo Antônio de Goiás, GO, Embrapa Arroz e Feijão, Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/208449/1/circ38.pdf>. Acessado em setembro, 2017.

Lal R (2006) Soil Carbon Sequestration in Latin America, in: Lal, R., Cerri, C.C., Bernoux, M., Etchevers, J., Cerri, E. (Eds.), Carbon sequestration in soils of Latin America. Food Products Press, Binghamton, 49–64.

Lima LB (2013) Emissões de N₂O em sistemas agrícolas. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, p.998.

Lobo Junior M, Brandão RS, Corrêa CA, Görger CA., Civardi EA, Oliveira PDe (2009) Uso de braquiárias para o manejo de doenças causadas por patógenos habitantes do solo. Comunicado técnico. Santo Antônio de Goiás.

- Macedo MCM (2009) Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.133-146, (supl. especial).
- Maciel GA, *et al* (2011) Influence of integrated crop-livestock-forest systems on soil organic matter in tropical regions. *Dynamic Soil, Dynamic Plant*, v. 5, p. 29-35.
- Magalhães CAS, *et al* (2017) Crop, livestock and forestry performance in different production systems in the north of Mato Grosso, Brazil. *Agroforestry Systems*.
- Martins SG, Silva MLN, Avanzi JC, Curi N, Fonseca S (2010) Fator cobertura e manejo do solo e perdas de solo e água em cultivo de eucalipto e em Mata Atlântica nos Tabuleiros Costeiros do Estado do Espírito Santo. *Scientia Forestalis*, v.38, p.517-526.
- Matiero SC (2015) Influência de sistemas pastoris sobre *Mahanarva fimbriolata* (Distant) (Hemiptera: Cercopidae) e o entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Metsch). Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Mato Grosso. Mato Grosso, MT, BR.
- Milanesi PM, *et al* (2013) Detecção de *Fusarium* spp. e *Trichoderma* spp. e antagonismo de *Trichoderma* sp. em soja sob plantio direto. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 34, n. 6 SUPPL. 1, p. 3219–3234.
- Neff JC, Townsend AR, Gleixner G, Lehman SJ, Turnbull J. & Bowman WD (2002) Variable effects of nitrogen additions on the stability and turnover of soil carbon. *Nature*, 419, 915-917.
- Neto MS, *et al* (2011) Emissão de gases do efeito estufa em diferentes usos da terra no bioma do Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 63-76.
- Oliveira PDe, *et al* (2010) Sistema Santa Brígida – Tecnologia Embrapa: Consorciação de Milho com Leguminosas Santo Antônio de Goiás Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/888019/sistema-santa-brigida---tecnologia-embrapa-consorciacao-de-milho-com-leguminosas>. Acessado em setembro, 2017.
- Pacheco EP, Silva GDDa (2014) Avaliação da cobertura do solo em sistemas de produção de milho e soja em Sergipe utilizando imagens aéreas. In: Seminário de Iniciação Científica e Pós-Graduação da EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, 4. Aracaju. Anais... Brasília, DF: Embrapa, 2014.
- Pitta RM, Rampelotti-Ferreira FT, Campelo FT, Matiero SC, Corassa JN, Nunes NR (2014) Bases do MIP como indicadores de sustentabilidade para sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta. XXV Congresso Brasileiro de Entomologia. Goiânia.
- Piva JT (2012) Fluxos de gases de efeito estufa e estoque de carbono do solo em sistemas integrados de produção sub trópico brasileiro. 2012. 96 p. Tese de doutorado em Agronomia, Universidade Federal do Paraná. Paraná, PR, BR.
- Post WM, Kwon KC (2000) Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biology*, 6, 317-327.
- Queiróz CDEA, *et al* (2014) Reação de acessos e cultivares de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* à *Pratylenchus brachyurus*. *Summa Phytopathologica*, v. 40, n. 3, p. 226–230.
- Rai B, Singh VN, Singh DB (1980) *Trichoderma viride* as a mycoparasite of *Aspergillus* spp. *Plant and Soil*, v. 57, n. 1, p. 131–135.
- Reis EF, *et al* (2012) Podridão-vermelha-da-raiz da soja em cultivos com diferentes

sistemas de manejo e coberturas do solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 47, n. 4, p. 528–533.

Rineger FA, Zolin CA, Paulino J, Souza AP, Matos ES, Magalhães CAS (2016) Water erosion on an oxisol under integrated crop-forest systems in a transitional area between the Amazon and Cerrado Biomes. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 40.

Ruedell J (1995) Plantio direto na região de Cruz Alta. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO.

Salton JC, et al (2013) Sistema São Mateus – Sistema de Integração Lavoura-Pecuária para a região do Bolsão Sul-Mato- Grossense. Dourados, MS, Embrapa. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84887/1/COT2013186.pdf>. Acessado em setembro, 2017.

Schimel DS (1995) Terrestrial ecosystems and the carbon cycle. Global Change Biology, 1, 77- 91.

Schindlbacher, et al (2004) Effects of soil moisture and temperature on N₂O and N₂O emissions from European forest soils. Journal of Geophysical Research, Washington, v. 109, n. D17302

Signor D (2010) Estoque de carbono e nitrogênio e emissões de gases de efeito estufa em áreas de cana-de-açúcar na região de Piracicaba. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, SP, BR.

Silva NMF (2017) Aspectos técnicos e econômicos da pecuária de corte em sistemas Lavoura-Pecuária-Floresta. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Mato Grosso. Mato Grosso, MT, BR.

Silva R, et al (2004) Ocorrência de *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne incognita* na Cultura do Algodoeiro no Estado do Mato Grosso. Fitopatologia Brasileira, v. 29, n. 3, p. 337.

Slagg CM, Fellows H (1947) Effects of certain soil fungi and their by-products on ophiobolus graminis. Journal of Agricultural Research, v. 75, n. 11–12, p. 279–293.

Souza APDe, Mota LLDa, Zamadei T, Martim CC, Almeida FTDe, Paulino J (2013) Classificação climática e balanço hídrico climatológico no Estado de Mato Grosso. Nativa, v.1, p.34-4. DOI: 10.14583/2318-7670.v01n01a07.

Tichit M, Puillet L, Sabatier R, Teillard F (2011) Multicriteria performance and sustainability in livestock farming systems: functional diversity matters. Livestock Science. 139: 161–17.

Toledo–Souza EDDe, Silveira PMDe, Lobo Junior M (2008) CAFÉ FILHO, C.A. Sistemas de cultivo, sucessão de culturas, densidade do solo e sobrevivência de patógenos de solo. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.43, n.8, p.971-978.

Valle LACDo, et al (1996) Controle do Nematóide do cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe) com gramíneas forrageiras. Nematologia Brasileira, v. 20, n. 2, p. 1–11.

Vieira et al (2010) Práticas de manejo para minimizar a emissão de gases de efeito estufa associadas ou não ao uso de fertilizantes. Disciplina Ecologia de Pastagens, Curso de Pós-graduação em Produção Animal Sustentável. Instituto de Zootecnia. Nova Odessa, SP, BR.

Wilkins RJ (2008) Eco-efficient approaches to land management: a case for increased integration of crop and animal production systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences*. 363: 517–525.

Zhang J, Han X (2008) N₂O emission from the semi- arid ecosystem under mineral fertilizer (urea and superphosphate) and increased precipitation in northern China. *Atmospheric Environment*, Oxford, v. 42, n.2, p. 291-302.

Zolin CA, et al (2016) Perda de solo e água sob integração lavoura-floresta e em sucessão soja-milho. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.51, n.9, p.1223-1230, DOI: 10.1590/S0100-204X2016000900022.

Zolin CA, Rodrigues RAR (2015) Impact of climate change on water resources in agriculture. 1 ed. CRC Press, 232p.