

BENEFÍCIOS E DESAFIOS DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NA MELHORIA DA QUALIDADE DOS SOLOS DO CERRADO

Miguel Marques Gontijo Neto¹

Emerson Borghi²

Álvaro Vilela de Resende³

Ramon Costa Alvarenga⁴

INTRODUÇÃO

Com base na análise apresentada pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), a demanda global de alimentos está aumentando como resultado do crescimento populacional e das mudanças nas dietas. De acordo com Alexandratos e Bruinsma (2012) e Tilman et al. (2011), as previsões são de que a taxa de acréscimo na demanda global de produtos agrícolas (incluindo alimentos, rações, fibras e biocombustíveis) seja de 1,1% ao ano no período entre 2005/2007 e 2050. Apesar da diferença na taxa de demanda alimentar neste período ser inferior à verificada nas quatro décadas anteriores, em torno de 2,2%, as quantidades absolutas de alimentos necessárias para alimentar o mundo em 2050 aumentarão substancialmente.

Se as trajetórias atuais de crescimento populacional, de mudanças na dieta e de gerenciamento de resíduos alimentares permanecerem inalteradas, a demanda global de alimentos, consequentemente a produção agrícola, precisará aumentar em 60% em relação a 2005 para atender à demanda de alimentos em 2050, sendo necessários acréscimos na produção atual na ordem de 940 milhões de toneladas de cereais, 196 milhões de toneladas de carne e 133 milhões de toneladas de óleo vegetal (ALEXANDRATOS; BRUINSMA, 2012).

Neste cenário, espera-se que o Brasil dobre sua produção agrícola, o que, mais do que uma responsabilidade, pode ser uma grande oportunidade para o agronegócio brasileiro, uma vez que o país detém recursos naturais e potencial de desenvolvimento tecnológico para a implementação de sistemas sustentáveis de produção agropecuária suficientes para o atendimento desta demanda, destacando-se que nos últimos 20 anos a produção e a produtividade agrícola cresceram mais do que a média mundial.

Frente a grande oportunidade/demanda por ampliação na produção agropecuária nacional, os produtores rurais e técnicos enfrentam diariamente o desafio de obter maiores produtividades por unidade de área, principalmente em condições de exploração

já antropizadas tanto pela atividade agrícola quanto pela exploração pecuária, esta última em grande parte efetuada em grandes áreas de forma extrativista. No contexto atual, a impossibilidade de dissociação entre aumento da produtividade e otimização dos recursos naturais disponíveis é pauta de assuntos governamentais e de necessidade mundial e, neste sentido, são também preponderantes as preocupações com os aspectos sociais e ambientais do processo produtivo.

Assim, os sistemas de produção atuais devem se embasar na intensificação sustentável, na utilização dos recursos disponíveis, compreendendo o uso de ativos naturais, sociais e capital humano combinados com o uso das melhores tecnologias e insumos disponíveis (melhores genótipos; práticas de manejo e agroquímicos mais ecológicos) que minimizem ou eliminem danos ambientais. Neste sentido, a intensificação sustentável no uso do solo, fundamental para melhoria dos índices de produtividades agropecuárias e atendimento à demanda mundial por alimentos, fibras e bioenergia, passa pela construção e manutenção da fertilidade dos solos agricultáveis, principalmente nas áreas com solos de baixa fertilidade natural.

INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

A integração lavoura-pecuária (ILP) é conceituada como uma estratégia de produção sustentável, que integra atividades agrícolas e pecuárias, realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado, buscando efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, contemplando a adequação ambiental, a valorização do homem e a viabilidade econômica, otimizando aumentos da produtividade com a conservação de recursos naturais (BALBINO; BARCELLOS; STONE, 2011).

Segundo Balbino, Barcellos e Stone (2011), a ILP é uma estratégia capaz de conciliar ecoeficiência com desenvolvimento socioeconômico, acarretando diversos benefícios potenciais ao

Abreviações: FAO = Food and Agriculture Organization of the United Nations; GEE = Gases de Efeito Estufa; ILP = Integração Lavoura-Pecuária; MOS = Matéria Orgânica no Solo; SPC = Sistema Plantio Convencional; SPD = Sistema Plantio Direto; SSMateus = Sistema São Mateus; URT = Unidade de Referência Tecnológica e de Pesquisa.

¹ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Zootecnia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG; email: miguel.gontijo@embrapa.br

² Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG; email: emerson.borghi@embrapa.br

³ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG; email: alvaro.resende@embrapa.br

⁴ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Solo e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG; email: ramon.alvarenga@embrapa.br

produtor rural e ao meio ambiente, dos quais se destacam: i) redução da pressão para desmatamento de novas áreas; ii) melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo; iii) aumento da ciclagem e da eficiência na utilização dos nutrientes; iv) redução dos custos de produção e otimização na utilização de máquinas, equipamentos, insumos e mão de obra no decorrer do ano; v) diversificação e estabilização da renda na propriedade rural; vi) viabilização da recuperação de pastagens degradadas; vii) diminuição no uso de agroquímicos para controle de insetos-praga, doenças e plantas daninhas; viii) redução dos riscos de erosão e melhoria da recarga e da qualidade da água; ix) mitigação da emissão de gases de efeito estufa (GEE), resultante da maior capacidade de sequestro de carbono; x) menor emissão de metano animal por quilograma de produto produzido; xi) promoção da biodiversidade e favorecimento de novos nichos, habitats para os agentes polinizadores das culturas e inimigos naturais de insetos-praga e doenças.

Dentre todos esses possíveis benefícios, cabe destacar a enorme versatilidade de utilização da ILP no tocante à construção da fertilidade do solo (contemplando os aspectos químicos, físicos e biológicos), aumentando a ciclagem e a eficiência na utilização dos nutrientes. Neste sentido, de acordo com Kappes e Zancanaro (2014), os solos de fertilidade construída são aqueles que no início de seu cultivo apresentavam limitações ao desenvolvimento das lavouras, mas, devidamente manejados ao longo do tempo, passaram a exibir condições químicas, físicas e biológicas adequadas para as culturas expressarem seu potencial produtivo.

Assim, solos de fertilidade construída, em um sentido mais amplo, seriam ambientes condicionados para alto potencial produtivo, apresentando elevado grau de tamponamento e resiliência (RESENDE et al., 2016a). Tais solos, nestas situações, apresentam elevados teores de matéria orgânica, alta capacidade de retenção de água e ausência de impedimentos físicos e biológicos para o bom estabelecimento inicial das culturas, bons conteúdos de água em profundidade e teores de nutrientes adequados às exigências das culturas que compõem o sistema produtivo (BORTOLON et al., 2016).

Frente ao desafio de ampliação da produção de alimentos e fibra via aumentos na produtividade, a estratégia ILP tem se mostrado extremamente viável, do ponto de vista agrônomo, econômico e ambiental, nesse processo de construção da fertilidade do solo e intensificação sustentável dos sistemas de produção convencionais.

CARACTERÍSTICAS E ESTRATIFICAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS RURAIS PARA IMPLEMENTAÇÃO DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

O Brasil é um país continental no qual os sistemas de produção existentes, como, por exemplo, o cultivo de milho ou a pecuária leiteira, apresentam uma enorme heterogeneidade em relação a aspectos edafoclimáticos, nível educacional e econômico do produtor, tamanho das propriedades, escala de produção e nível tecnológico empregado na produção. Assim, em um mesmo ramo de atividade, é possível encontrar sistemas de produção vegetal ou animal altamente especializados e tecnificados, como também sistemas de produção primitivos, quase extrativistas.

Entretanto, a ILP é uma estratégia que, guardadas as características regionais, é aplicável em todas as regiões do Brasil e por diferentes estratos de produtores rurais, não apresentando limitações quanto ao tamanho da propriedade ou ao nível tecnológico do produtor rural. Da mesma forma, são poucas as limitações de máquinas e equipamentos para implementação de sistemas integrados de

produção, visto existir uma gama enorme de equipamentos para qualquer perfil de produtor rural.

Esta ampla possibilidade de aplicação da ILP se deve ao fato de que as alternativas de culturas (lavouras ou forrageiras) para compor um sistema de integração lavoura-pecuária são várias, e as escolhas e ajustes necessários vão depender basicamente de fatores tais como a adaptação às condições ambientais (clima, solo, manejo), características da propriedade (tradição de cultivo, nível tecnológico, assistência técnica, infraestrutura e logística) e aspectos mercadológicos (disponibilidade de insumos e mercado consumidor para a produção). Cabe ressaltar que, neste momento de definições e planejamento, a assistência técnica normalmente se destaca como um fator preponderante para o sucesso do empreendimento.

Apesar de toda a heterogeneidade dos empreendimentos agropecuários no Brasil, como forma de facilitar a compreensão e tornar mais efetiva a implementação da estratégia ILP, Vilela et al. (2011) classificam tais empreendimentos em três categorias:

- **Propriedades rurais especializadas em pecuária embaçada em pastagens.** Normalmente com bovinocultura (leite e/ou corte) e, em menor frequência, exploradas com ovinocultura. Nestas propriedades, a introdução de lavouras anuais tem por objetivo principal a recuperação e/ou manutenção da produtividade das pastagens, entretanto, estas lavouras podem também aumentar a oferta de alimentos na propriedade, seja pela produção de silagem, seja pela produção de grãos;

- **Propriedades rurais especializadas na produção de grãos e/ou fibras.** Estas propriedades apresentam grande potencial para utilização de gramíneas forrageiras com o objetivo de melhorar os aspectos da fertilidade do solo (química, física e biológica), produção de palhada para o Sistema Plantio Direto (SPD), prática cultural de manejo fitossanitário e que, em períodos específicos, como na entressafra, podem utilizar a forragem produzida para a produção animal;

- **Propriedades rurais onde coexistam, de forma bem estruturada, a produção de grãos/fibras e a pecuária.** Estas propriedades adotam de forma sistemática a rotação de pasto e lavoura, intensificando o uso da terra, potencializando e explorando a sinergia entre estes sistemas.

a) Integração lavoura-pecuária na construção da fertilidade do solo em áreas de pastagens degradadas

A incorporação de áreas de pastagens degradadas ao processo produtivo é uma realidade na qual a ILP pode exercer um papel fundamental no processo de construção da fertilidade do solo. Nesse sentido, serão necessários, na grande maioria das vezes, todos aqueles cuidados relativos à melhoria do ambiente químico do solo, tais como calagem e fertilizações corretivas.

Apesar de existirem recomendações técnicas e equipamentos para a recuperação/renovação direta das áreas de pastagens, a grande maioria dos pecuaristas não tem assumido os riscos financeiros da realização de investimentos na fertilização de pastagens, provavelmente em função da imprevisibilidade de preços, a médio e longo prazo, da produção pecuária, associada ao longo prazo para o retorno econômico destes investimentos.

Assim, a recuperação/renovação indireta da pastagem, com a utilização de uma cultura anual, de ciclo curto, onde os recursos investidos na correção e adubação possam ser, total ou parcialmente recuperados em 6-7 meses pela comercialização da produção desta cultura anual, tem sido a porta de entrada de pecuaristas na ILP.

As culturas de milho, feijão, arroz, sorgo, soja, girassol e milheto têm sido empregadas com sucesso em rotação, consorciação e/ou sucessão com forrageiras tropicais perenes em áreas visando a recuperação ou renovação das pastagens (SALTON et al., 2013; GONTIJO NETO et al., 2018).

Sistemas indiretos de recuperação/renovação de pastagens com base na consorciação de espécies vegetais são utilizados por produtores rurais da região do cerrado desde o início da década de 1980, com destaque para o Sistema Barreirão (OLIVEIRA et al., 1996). Com ele foi possível recuperar ou reformar imensas áreas com pastagens degradadas, especialmente no Brasil Central. Ainda hoje ele é usado com essa finalidade, servindo como preparação inicial para implantação de sistemas integrados de produção.

Posteriormente, para áreas onde se poderia utilizar o Sistema Plantio Direto, foi desenvolvido o Sistema Santa Fé (KLUTH-COUSKI et al., 2000), que fundamenta-se na semeadura consorciada de culturas de grãos, especialmente milho, sorgo e milheto, com as principais espécies de forrageiras tropicais, principalmente as dos gêneros *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) e *Megathyrus* (Syn. *Panicum*), no SPD, em áreas de lavoura ou pastagens, com solo parcial ou devidamente corrigido em termos de fertilidade. Neste sistema, a cultura anual apresenta grande performance de desenvolvimento inicial e exerce, com isso, alta competição sobre as forrageiras, evitando, assim, redução significativa na produtividade de grãos. Os principais objetivos do Sistema Santa Fé são a produção de grãos e/ou forragem para a entressafra e palhada em quantidade e qualidade para o SPD.

De maneira geral, as culturas de milho ou sorgo (forrageiro, granífero ou pastejo) e milheto têm se destacado em consorciações com capins em virtude do rápido crescimento inicial e porte alto, o que facilita a competição com os outros componentes e, no caso da colheita de grãos, a colheita mecanizada. Assim, estas culturas são particularmente interessantes para a formação de sistemas consorciados com forrageiras tropicais perenes (capins) devido à simplicidade de condução e amplitude de utilização diante de diversidades climáticas, sendo o seu sistema de produção bem difundido entre os produtores.

A cultura do milho apresenta alta competitividade no consórcio com capins, visto que o porte alto das plantas de milho exerce, depois de estabelecidas, grande pressão de supressão sobre as demais espécies que crescem no mesmo local. Somando-se a isso, há a disponibilidade de herbicidas gramínicos pós-emergentes seletivos ao milho, além da cultura apresentar adequada altura de inserção da espiga, permitindo que a colheita mecanizada seja realizada sem maiores problemas. Já o sorgo e o milheto podem ser excelentes opções para a produção de grãos e forragem em todas as situações em que o déficit hídrico e as condições de baixa fertilidade dos solos oferecem maiores riscos para outras culturas, notadamente o milho.

Neste sentido, os sistemas de consorciações de culturas anuais com forrageiras tropicais perenes tem se apresentado bastante viáveis do ponto de vista agrônomo e, principalmente, econômico. A lavoura anual, além da produção de grãos ou forragem (por exemplo, silagem para o período de seca), gera renda no curto prazo, que contribui para a amortização dos custos de formação e/ou recuperação de pastagens degradadas. Assim, os custos necessários para a correção da fertilidade do solo aos níveis exigidos pelas culturas anuais podem ser total ou parcialmente recuperados em uma única safra e, uma vez corrigido o solo, as pastagens em sucessão irão se beneficiar dos nutrientes residuais na área.

Com o intuito de validação e divulgação da estratégia ILP e de alternativas culturais viáveis, do ponto de vista técnico e eco-

nômico, para a recuperação/renovação de pastagens e a produção de forragem para entressafra, em uma pequena propriedade rural especializada na produção de leite, Gontijo Neto et al. (2018) avaliaram os consórcios de milho com *U. brizantha* cv. Marandu e de milheto com *Megathyrus maximum* cv. Zuri em preparo convencional do solo, e o consórcio de sorgo forrageiro com *U. brizantha* cv. marandu em SPD. O trabalho foi realizado na safra 2016/2017 na Fazenda São Pedro, município de Unaí, MG.

Os resultados verificados nas três áreas onde foram implantados os consórcios indicam que, para os consórcios com milho e sorgo, os custos decorrentes do preparo do solo, aquisição e distribuição de corretivos e fertilizantes e sementes do capim, necessários para a recuperação da pastagem, não apenas foram totalmente cobertos pela receita auferida com a possível venda da silagem produzida na safra (Tabela 1), como verificou-se um lucro de R\$ 1.798,67 e R\$ 322,88 por hectare para as áreas com milho e sorgo, respectivamente. No caso da utilização do milheto, em função da menor produtividade de forragem e de seu menor valor comercial, os custos da renovação da pastagem não foram totalmente cobertos, entretanto, o custo final de R\$ 110,87 por hectare é bastante inferior quando comparado ao custo de renovação direta da pastagem. Cabe ressaltar que, além da correção e adubação de 15,4 ha de pastagens, foram produzidas 549,3 t de silagem para a entressafra.

No caso do cultivo da soja em sistemas integrados, visando a recuperação/renovação de pastagens, esta tem sido utilizada preponderantemente em rotação de culturas, principalmente com áreas de pastagens, sendo uma excelente opção como cultura de entrada em áreas de pastagens a serem recuperadas ou renovadas. Assim, faz-se as correções da fertilidade do solo e semeio da soja na safra e a formação da pastagem na safra seguinte, uma vez que não se tem obtido sucesso na consorciação de soja e capins em semeadura simultânea, visto que o intenso crescimento da forrageira ao final do ciclo da soja inviabiliza a colheita dos grãos.

A utilização da soja em áreas de pastagens degradadas foi refinada tecnicamente e validada em propriedade rural, gerando a consolidação de um conjunto de práticas e recomendações denominado Sistema São Mateus (SALTON et al., 2013). O Sistema São Mateus (SSMateus) é um modelo de ILP que combina a pecuária intensiva com o cultivo da soja, indicado inicialmente para a região do Bósão Sul-Mato-Grossense, porém passível de utilização com sucesso em regiões que apresentam solos com baixa capacidade de armazenamento de água das chuvas (solos arenosos) e distribuição irregular das chuvas ao longo do ano, associados à ocorrência de veranicos no período chuvoso. O SSMateus tem como base a antecipação da correção química e física do solo, via recuperação ou renovação da pastagem, com o subsequente cultivo de soja em Plantio Direto para amortizar os custos desta recuperação/renovação da pastagem (Figura 1). Tal sistema de produção proporciona a diversificação das atividades, diluindo os riscos de frustrações e ampliando a rentabilidade e a margem de lucro da propriedade rural.

Salton et al. (2013) apresentaram resultados indicando melhorias nos atributos físicos e biológicos do solo, decorrentes da implementação do SSMateus, além da esperada melhoria na fertilidade química do solo. Estas alterações benéficas no ambiente produtivo resultaram em maiores produtividades vegetal e, consequentemente, animal. No caso da soja, é marcante o efeito do SSMateus, possibilitando obter rendimentos satisfatórios mesmo em anos com ocorrência de veranicos, como nas safras 2009/2010 e 2011/2012, nas quais não houve produção de soja nos sistemas

Tabela 1. Aspectos agronômicos e análise econômica de alternativas de recuperação/renovação de pastagens e produção de silagem para entressafra na safra 2016/2017. Fazenda São Pedro, Unai, MG.

INSUMOS E SERVIÇOS		Milho + Braquiarião		Sorgo + Braquiarião		Milheto +Zuri	
A) CORRETIVOS	Unidade	Qtd.	Total (R\$)	Qtd.	Total (R\$)	Qtd.	Total (R\$)
Calcário dolomítico (preço na propriedade)	t	1,5	112,50	1,5	112,50	1,5	112,50
Distribuição do calcário	htr	1,8	180,00	1,8	180,00	1,8	180,00
Gesso agrícola (preço na propriedade)	t	1,5	330,00	1,5	330,00	1,5	330,00
Distribuição do gesso	htr	1,8	180,00	1,8	180,00	1,8	180,00
Mão de obra auxiliar	d/h	1,0	60,00	1,0	60,00	1	60,00
SUB-TOTAL (1)	-	-	862,50	-	862,50	-	862,50
B) INSUMOS	Unidade	Qtd.	Total (R\$)	Qtd.	Total (R\$)	Qtd.	Total (R\$)
Milho 2B339PW/Sorgo SS318/Milheto ADR500	sc	1,2	456,00	0,4	65,40	0,4	25,24
<i>U. brizantha</i> cv. Marandu, VC 78%, 15 kg	kg/sc	8,0	144,00	9,8	176,40		
<i>M. maximum</i> cv. Zuri, VC 34%, 15 kg						0,36	131,09
Enraizador Rootmax	l	0,1	7,40	0,5	3,90		
Inseticida, tratamento de sementes: CRUISER	l	0,1	41,10	0,4	164,40	0	0
Fertilizantes de plantio: 06-40-10 FTE	kg	222	395,16	260	462,80	181	322,18
Fertilizante de cobertura: Ureia	kg	194	312,34	190	305,90	128	206,08
Herbicida de dessecação: Glifosato	kg			2,3	51,98		
Herbicida Primatop (milho); Atrazina (sorgo/milheto)	l	3,7	49,03	4	59,20	3,6	53,28
Inseticida: Lannate (sorgo), Shelter (milheto)	l			1	24,00	0,06	2,10
Grafite	kg	0,1	2,40	0,1	0,24	0,1	2,40
SUB-TOTAL (2)	-	-	1.407,43	-	1.314,22	-	742,37
C) SERVIÇOS	Unidade	Qtd.	Total (R\$)	Qtd.	Total (R\$)	Qtd.	Total (R\$)
Aração	htr					0,87	104,40
Gradagem pesada	htr	1,33	159,60			1,1	132,00
Gradagem niveladora	htr	0,64	76,80			0,81	97,20
Aplicação de herbicida - Dessecação	htr			0,63	75,60		
Tratamento de sementes	d/h	0,3	18,00	0,5	30,00		
Adubação e plantio	htr	1,5	180,00	1,34	160,80	1,27	152,40
Adubação de cobertura	htr	0,5	60,00	0,5	60,00	0,5	60,00
Aplicação de herbicida - Pré ou Pós-emergente	htr	0,6	72,00	0,6			
Aplicação de inseticida	htr		0	0,6	72,00	0,5	60,00
SUB-TOTAL (3)	-	-	566,40	-	470,40	-	666,00
D) COLHEITA E ENSILAGEM	Unidade	Qtd.	Total (R\$)	Qtd.	Total (R\$)	Qtd.	Total (R\$)
Corte e picagem (JF-90 e NF 25 A)	htr	4,0	480,00	4,0	480,00	1,0	340,00
Transporte para o silo	htr	4,0	360,00	3,0	270,00	1,5	135,00
Compactação com trator	htr	2,0	120,00	2,0	120,00	1,5	40,00
Descarga + distribuição no silo	d/h	0,5	40,00	0,5	40,00	0,5	40,00
Lona plástica	m²	20	380,00	20	380,00	15	285,00
SUB-TOTAL (4)	-	-	1.360,00	-	1.290,00	-	790,00
TOTAL (1 + 2 + 3 + 4)	R\$	-	4.216,33	-	3.037,12	-	3.060,87
PRODUTIVIDADE	t ha⁻¹		40,1		35,5		29,5
CUSTO/TONELADA	RS/t		105,15		110,90		103,76
ÁREA SEMEADA	ha		5,4		6,3		3,7
PRODUÇÃO DE SILAGEM TOTAL	t		216,54		223,65		109,15
RECEITA - Venda de silagem	RS/t	150,00/t	6.015,00	120,00/t	4.260,00	100,00/t	2.950,00
RECEITA – CUSTO	RS/ha		1.798,67		322,88		-110,87

Fonte: Adaptada de Gontijo Neto et al. (2018, no prelo).

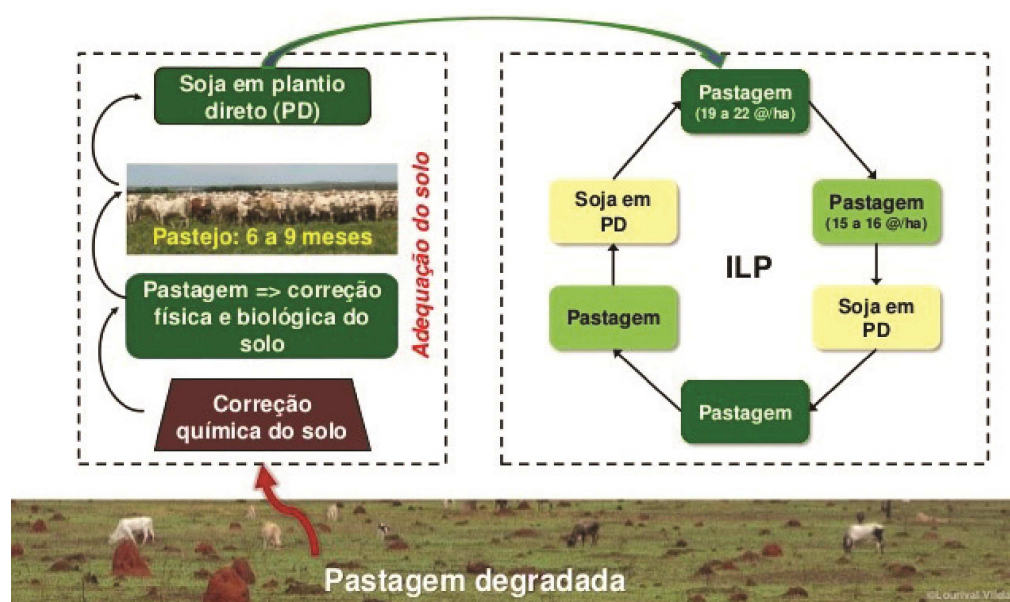


Figura 1. Esquema simplificado das principais etapas para implantação do Sistema São Mateus, partindo de uma pastagem degradada e concluindo com o estabelecimento de um sistema integrado de produção.

Fonte: Adaptada de Salton et al. (2013) por L. Vilela.

tradicionais de lavoura, tanto em SPC como no SPD (Tabela 2). Ressalte-se que para os sistemas SPC e SPD também foram adotados os mesmos procedimentos iniciais de correção química do solo utilizados no SSMateus, diferenciando-se apenas pelo preparo do solo no SPC e pela presença da pastagem em rotação com a soja (SSMateus).

Tabela 2. Produtividade de soja no sistema plantio convencional (SPC), no sistema plantio direto (SPD) e na área sob Sistema São Mateus (SSMateus). Selvíria, MS.

Safra	Soja SSMateus	Soja em SPD	Soja em SPC
	kg ha ⁻¹		
2008/2009	1.080 ^{ns}	900	900
2009/2010	3.060	nd	nd
2010/2011	3.973 a*	3.027 b	3.286 b
2011/2012	2.075	nd	nd
2012/2013	3.960	2.650	nd

ns = não significativo; nd = não determinado, colheita mecânica não realizada devido à baixa produtividade.

* Letras iguais indicam semelhança entre as médias por Tukey 5%.

Fonte: Salton et al. (2013).

Quanto ao desempenho da atividade pecuária, os ganhos resultantes da utilização do SSMateus são muito expressivos, podendo triplicar os valores obtidos na área da pastagem referência (Tabela 3). Estes resultados se devem à maior qualidade e quantidade de forragem ofertada, resultando em maior capacidade de suporte de animais nas áreas com pastagens sob SSMateus.

Em algumas regiões, onde o período chuvoso prolonga-se um pouco mais no outono, tem sido utilizada a sobressemeadura de capins ou milheto quando a soja se encontra no estágio fenológico R5 a R7 (BORGHI et al., 2017). Esta prática tem propiciado a produção de forragem no início do período seco e a produção de palha para o SPD na safra seguinte. Nesta linha, em reportagem elaborada por Villela (2017), foi apresentado o Sistema São Francisco, que consiste na sobressemeadura da forrageira de porte alto da espécie *Megathirum maximum*, geralmente o cultivar Mombaça, sobre lavoura de soja em final de ciclo. Em propriedades rurais no estado de Goiás, áreas onde foi realizada a sobressemeadura do capim mombaça na soja apresentaram 4,5 t ha⁻¹ de forragem em meados de maio. Considerando uma taxa de utilização de 50% desta forragem, os animais terão disponíveis 2,25 t ha⁻¹ de pasto, que seriam suficientes para alimentar 2,5 UA ha⁻¹.

Tabela 3. Produtividade da pecuária em área de pastagem de 1º ano após a soja (Sistema São Mateus - SSMateus), em área de 2º ano após a soja (SSMateus) e em área de pastagem em degradação (Pastagem de referência), em avaliações realizadas de 2010 a 2012. Selvíria, MS.

Período avaliado	Sistema	Ganho médio diário (g animal ⁻¹ dia ⁻¹)	Produtividade (@ eq. carcaça ha ⁻¹)
Novembro/2010 a Maio/2011	Pastagem SSMateus 1º ano após a soja	500	19,0
	Pastagem SSMateus 2º ano após a soja	420	16,0
	Pastagem referência	553	5,0
Novembro/2011 a Junho/2011	Pastagem SSMateus 1º ano após a soja	782	22,8
	Pastagem SSMateus 2º ano após a soja	689	15,5
	Pastagem referência	642	7,9

Fonte: Salton et al. (2013).

(b) Melhorias na qualidade do solo em sistemas de produção de grãos via introdução de forrageiras tropicais perenes

Na última década, trabalhos desenvolvidos em diferentes regiões brasileiras demonstraram os resultados positivos da ILP, especialmente com o cultivo consorciado ou em sucessão de culturas produtoras de grãos e forrageiras tropicais perenes.

A introdução da forrageira no sistema de produção de grãos objetiva, no primeiro momento, o fornecimento de forragem na época de maior escassez de alimento. Face ao correto manejo da pastagem neste período, ajustando a taxa de lotação em função da produção de massa seca e também ajustando a altura de entrada e saída da pastagem em função da espécie forrageira, outros benefícios aparecem imediatamente, tais como a melhoria no ambiente produtivo das culturas anuais devido ao aporte de matéria orgânica no solo, ciclagem de nutrientes, palhada para o SPD, melhoria nos atributos físicos e biológicos do solo. Entretanto, a presença da pastagem de excelente qualidade, em uma época do ano na qual a disponibilidade de forragem é normalmente baixa, abre a possibilidade de exploração da atividade pecuária neste período de entressafra. Assim, esta pastagem ocasional pode ser utilizada para cria, recria ou terminação de bovinos, bem como para produção de feno. A

intensificação do uso dos fatores de produção merece destaque, pois é possível manter a área produzindo o ano todo, como, por exemplo: soja na primeira safra de verão, milho consorciado com uma gramínea forrageira em segunda safra e, depois da colheita, alimentação animal na estação da seca.

Assim, os benefícios da introdução das forrageiras tropicais perenes em sistemas de produção de grãos podem ser comprovados no ensaio de longa duração apresentado por Melotto et al. (2017). Nesse ensaio, executado na área experimental da Fundação MS, foram avaliadas as sucessões de culturas de soja e milho safrinha com e sem consórcio com *U. brizantha* cv. Marandu e os efeitos de fontes de N em cobertura no milho safrinha (Tabela 4).

Após sete anos de cultivo de safra e safrinha, não se verificou efeito das fontes de N aplicadas em cobertura, entretanto, observou-se que nos primeiros anos houve uma tendência de menores produtividades para o milho consorciado com capins, quando comparado ao solteiro (Figura 2A), porém, ao longo dos anos, essa tendência foi se invertendo (safrinhas 2011 e 2012). Os autores ressaltam que as produtividades de soja foram sistematicamente maiores no sistema em que havia o consórcio na safrinha (Figura 2B), sugerindo uma possível melhoria nas condições do solo com a presença da braquiária no sistema, indicando maior eficiência no uso da água e destacando as maiores diferenças observadas em anos que apresentaram maiores déficits hídricos (2007/2008 e 2008/2009).

Tabela 4. Tratamentos do experimento de longa duração implantado em Latossolo Vermelho distroférrico da Estação Experimental da Fundação MS, em Maracaju, MS.

T	MILHO SAFRINHA				Fator B	SOJA	
	Adubação Plantio - Milho		Fator A (N em cobertura)			Adubação Plantio - Soja	
	kg ha ⁻¹	Adubo	Fonte	Dose ha ⁻¹		kg ha ⁻¹	Adubo
1	300 a 350	12-15-15	-	-	Sem	350 a 400	00-20-20
2	300 a 350	12-15-15	-	-	Com	350 a 400	00-20-20
3	300 a 350	12-15-15	Ureia	89	Sem	350 a 400	00-20-20
4	300 a 350	12-15-15	Ureia	89	Com	350 a 400	00-20-20
5	300 a 350	12-15-15	Ureia + Sulfato de amônio	44 + 95	Sem	350 a 400	00-20-20
6	300 a 350	12-15-15	Ureia + Sulfato de amônio	44 + 95	Com	350 a 400	00-20-20
7	300 a 350	12-15-15	Sulfato de amônio	190	Sem	350 a 400	00-20-20
8	300 a 350	12-15-15	Sulfato de amônio	190	Com	350 a 400	00-20-20

Fonte: Melotto et al. (2017).

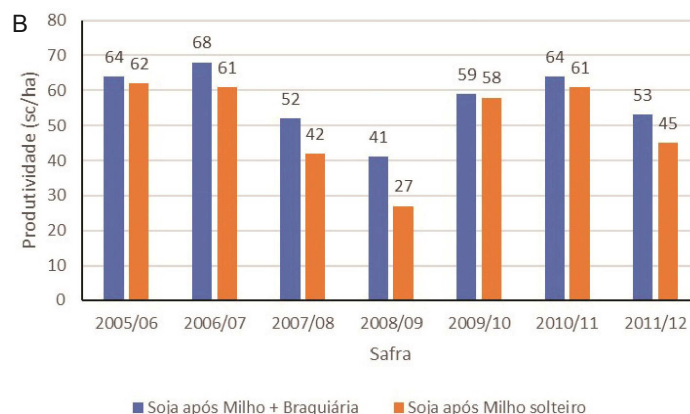
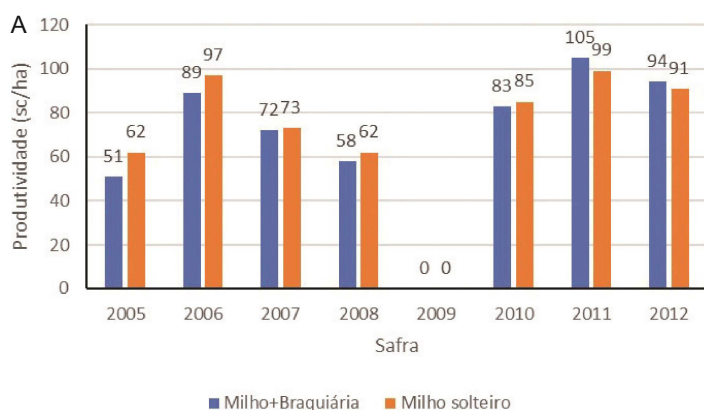


Figura 2. Produtividade de milho consorciado com *Urochloa brizantha* cv. Marandu e solteiro em segunda safra (A) e produtividade de soja em sucessão ao milho consorciado com *Urochloa brizantha* cv. Marandu e solteiro na safra seguinte (B). Área Experimental da Fundação MS, Maracaju, MS. Fonte: Adaptada de Melotto et al. (2017).

Após os sete anos de cultivo, observou-se que o sistema com consórcio acumulou 15% mais matéria orgânica na camada de 0 a 0,20 m de profundidade do que o sistema sem consórcio, e que essa diferença significou um sequestro de carbono por esse sistema da ordem de 1,6 t de eq. CO₂ por hectare por ano.

Crusciol et al. (2009), ao estudarem os benefícios das gramíneas perenes na ILP, demonstraram que, ao longo dos anos de cultivo, surgem as modificações positivas nos atributos químicos e físicos do solo. Além disso, a dupla aptidão que as espécies forrageiras assumem no cultivo consorciado permite não só produzir forragem de qualidade e quantidade durante o período de outono-primavera como também fornecer cobertura morta para a sustentabilidade do sistema SPD.

Esta modalidade de cultivo possibilitou a inclusão de novas espécies forrageiras adaptadas ao cultivo consorciado, assim como a possibilidade de ampliação de sistemas de cultivo consorciados com outras culturas, em especial a soja. Como a principal cultura produtora de grãos do agronegócio brasileiro, com ampla adaptabilidade às diferentes regiões produtoras e facilidade de comercialização, a soja ganhou novas áreas de cultivo, principalmente sob pastagens degradadas do Bioma Cerrado. Com a janela de semeadura para o cultivo de milho mais restrita face à oferta ambiental do final de período de verão, o consórcio da soja com espécies forrageiras por meio de sobressemeadura ganhou relevância em regiões tradicionais de pecuária (BORGHI et al., 2017).

A partir de uma área de pastagem degradada estabelecida em solo com 69% de areia e 21% de argila no Estado do Tocantins, Andrade et al. (2017) avaliaram o cultivo de soja em consórcio durante três anos agrícolas. No estudo, os autores observaram que a produtividade da soja foi superior quando semeada sobre palhada de *Megathirsus maximum* cv. Mombaça (Figura 3), produzindo, nesse período, 16 sacas de soja a mais que no sistema de cultivo tradicional da região (milheto à lanço após colheita da soja). Resultados semelhantes estão sendo obtidos em outras regiões do Brasil, porém, face ao problema de manejo para dessecação e operação de semeadura com espécies do gênero *Megathirsus*, os produtores optam por cultivares do gênero *Urochloa* que, no caso deste estudo, também mostraram resultados estatisticamente semelhantes aos do cultivo da soja sobre Mombaça.

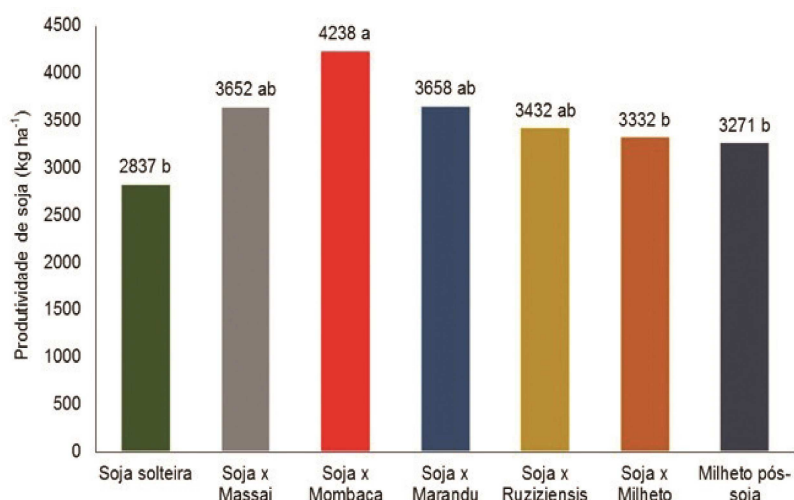


Figura 3. Valores médios de produtividade de soja semeada sobre diferentes coberturas vegetais provenientes do cultivo consorciado de forrageiras estabelecidas em sobressemeadura na safra anterior. Safra 2013/2014 e 2014/2015

Fonte: Andrade et al. (2017).

Esses resultados de superioridade produtividade da soja sobre palhada de forrageiras podem ser melhor compreendidos se analisados em relação a todo o sistema produtivo ao longo dos anos de adoção do sistema ILP. Andrade (2015), ao avaliar a produtividade das forrageiras após a colheita da soja, verificou que, no ano agrícola 2013/2014, utilizando as pastagens por apenas 120 dias (fevereiro a junho), o ganho de peso proveniente das pastagens estabelecidas durante o cultivo da soja pode chegar a 44 @ ha⁻¹ ano⁻¹ utilizando o Mombaça como forragem. Com a Ruziziensis (principal espécie de braquiária cultivada em consórcio) há possibilidade de ganhos de até 39 @ ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 4). Entre os meses de junho a novembro de 2014, antes da dessecação, não houve pastejo, pois o crescimento das forrageiras foi inferior à altura de manejo recomendada para as espécies. Antes da dessecação para a safra 2014/2015, no mês de novembro, as espécies forrageiras se beneficiaram do período chuvoso, aumentando a produtividade de matéria seca.

No mesmo ano agrícola, Borghi et al. (2015) avaliaram a velocidade de decomposição das forrageiras aos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias após o manejo com herbicida. Observaram que há uma relação direta entre produtividade de matéria seca e velocidade de decomposição. O Mombaça, que no momento da

Tabela 4. Produtividade total de matéria seca das forragens sobressemeadas na soja, número de pastejos e produtividade animal no período de fevereiro a junho de 2014, produtividade de forragem antes da dessecação (novembro de 2014) e produtividade de grãos de soja na safra 2014/15.

Sistemas de cultivo	Produtividade de forragem (fev-jun) kg ha ⁻¹	Quantidade de pastejos nº	Ganho de peso* @ ha ⁻¹ ano ⁻¹	Produtividade de forragem (jun-nov) kg ha ⁻¹	Produtividade soja no ano seguinte kg ha ⁻¹	Incremento de produtividade %
Massai	1.905 a	2	38	3.661 bc	3.556 a	+ 17
Mombaça	2.172 a	2	44	7.571 a	4.157 a	+ 36
Marandu	2.157 a	2	40	3.549 bc	3.529 a	+ 16
Ruziziensis	2.113 a	2	39	4.659 b	3.091 a	+ 1,5
Milheto	1.646 a	2	30	1.939 c	2924 a	- 4
Soja exclusiva					3.044 a	

* Cálculo realizado de acordo com a metodologia proposta em Crusciol et al. (2012).

Fonte: Adaptada de Andrade (2015).

dessecação apresentava 7.571 kg ha⁻¹ de matéria seca, reduziu em 46% a cobertura do solo nos 15 primeiros dias após a dessecação. Porém, em razão da alta relação C/N, 90 dias após a dessecação (correspondendo ao florescimento da soja), 14% da matéria seca ainda permanecia no solo, correspondendo a 1.856 kg ha⁻¹. Este valor é semelhante à produtividade do milho no momento da dessecação. Assim, na soja semeada na sequência, a produtividade de grãos foi superior em 18 sacas em relação ao cultivo de soja sem a presença de cobertura morta proporcionada pelas forrageiras. Somente no sistema de cultivo de soja sobre palhada de milho houve decréscimo na produtividade de grãos em relação ao cultivo exclusivo de soja.

Os efeitos benéficos das forragens não ocorrem somente em decorrência da presença de cobertura vegetal sobre o solo. As espécies forrageiras, por apresentarem sistema radicular profundo e volumoso, trazem benefícios além da absorção de água e nutrientes em profundidade. Balbinot Junior et al. (2017), ao avaliarem a contribuição das raízes ou da parte aérea na produtividade da soja semeada sobre gramíneas do gênero *Urochloa*, concluíram que as raízes correspondem mais significativamente à produtividade de soja em comparação à contribuição somente da parte aérea (Figura 4). De acordo com Bortolon et al. (2016), estes benefícios são mais pronunciados em anos de restrições pluviométricas durante o desenvolvimento das culturas produtoras de grãos.

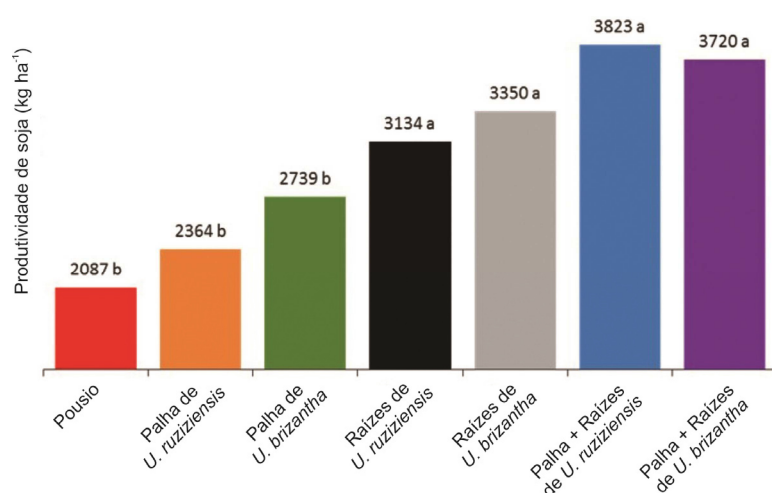


Figura 4. Produtividade de soja afetada pela presença ou ausência de palha e raízes de *Urochloa ruziziensis* e *U. brizantha* “BRS Piatã”.

Fonte: Balbinot Junior et al. (2017).

Quanto ao aspecto da ciclagem de nutrientes em sistemas onde ocorre a introdução da forrageira em consórcio com a cultura anual, Santos et al. (2014), em trabalho desenvolvido em Correntina, BA, avaliaram a liberação de nutrientes oriundos da degradação da palhada em uma área implantada com milho consorciado com *U. ruziziensis* na safra anterior. Os autores observaram a liberação de 26,5 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 7,3 kg ha⁻¹ de fósforo e 42,3 kg ha⁻¹ de potássio aos 110 dias após a dessecação do capim. Estes valores correspondem à aplicação de aproximadamente 59 kg ha⁻¹, 93 kg ha⁻¹ e 85 kg ha⁻¹ de ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, podendo repercutir em uma oportunidade de redução de custos na aquisição de fertilizantes na safra seguinte.

A utilização de forrageiras tropicais perenes em sistemas especializados de produção de grãos, além dos benefícios na melhoria do ambiente produtivo, pode também elevar a rentabilidade da propriedade via exploração temporária das forrageiras

para produção animal. Segundo Vilela et al. (2011), o alto aproveitamento dos fatores de produção e da oferta ambiental caracteriza os sistemas em integração como sistemas mais intensivos, uma vez que se proporciona a ocupação biológica e econômica das áreas de produção por mais tempo, quando comparados a sistemas de monocultivo. Assim, o cultivo solteiro de soja ou de milho na estação chuvosa, em situação de sequeiro, propicia a ocupação da área por 4 a 6 meses, ou seja, aproximadamente 40% a 50% do ano. Dessa forma, deixa-se de gerar renda nessas áreas nos demais 50% do ano e, geralmente, ocorre diminuição da qualidade do solo, pois nessas condições reduz-se o aporte de biomassa e a atividade biológica do solo. Nas mesmas condições, com a adoção da ILP, com a implantação do sistema de sucessão com o cultivo de soja precoce na primeira safra sucedido por milho consorciado com braquiária na segunda safra (ou safrinha) e, por fim, pelo pastejo da área na entressafra seca no sistema “boi safrinha”, é possível ampliar a ocupação da área por mais de 90% do tempo (VILELA et al., 2011).

Existem, ainda, benefícios da introdução das forrageiras tropicais perenes em sistemas de produção de grãos e fibras, que podem ser considerados indiretos. Entre eles, destacam-se a redução na incidência de fungos de origem do solo e também na incidência de plantas daninhas. Borghi et al. (2008) demonstraram que o consórcio de milho com *U. brizantha* cv. Marandu diminuiu a densidade de plantas daninhas, proporcionando índice de controle de 95% quando a forrageira é estabelecida na linha e na entrelinha da cultura granífera.

(c) Sistemas estruturados de Integração Lavoura-Pecuária como estratégia sustentável de produção, melhoria do solo e ciclagem de nutrientes

Além de considerar todos as interações e benefícios desta integração de atividades discutidas anteriormente, a maximização do potencial sinérgico entre os componentes do sistema passa impreterivelmente pela rotação de culturas, ou seja, a rotação entre lavoura e pastagens deve acontecer em todas as glebas da propriedade aptas para cultivos anuais durante um período de pelo menos uma safra.

Assim, no planejamento e implantação de um sistema de produção integrado deve-se enfrentar o desafio e buscar alternativas para a realização da rotação de culturas, atentando-se para os aspectos de diversidade e complementaridade entre culturas e a frequência de rotação.

Neste sentido, visando demonstrar a viabilidade de sistemas agropecuários sustentáveis, foi implantada em 2005 uma Unidade de Referência Tecnológica e de Pesquisa (URTP) de ILP em Sete Lagoas, MG, com vistas à produção integrada e sustentada de grãos e silagem e à criação e terminação de bovinos (ALVARENGA et al., 2015). A URTP com o sistema ILP implantado representa de forma fidedigna uma propriedade rural da região (Figura 5). São 24 hectares de área total, sendo 2 hectares com benfeitorias e 22 hectares divididos em quatro glebas de 5,5 hectares onde, a cada ano, são rotacionadas as culturas para produção de grãos (soja e milho) ou silagem (milho e sorgo) consorciados com capins das espécies *U. brizantha* e *M. maximum* cv. Mombaça para pastejo.

No modelo implantado, a cada ano, na primavera/verão, são cultivadas lavouras em três glebas e a quarta gleba permanece com pastagem de Mombaça. As culturas são implantadas de acordo com as premissas do sistema plantio direto, semeadas sobre a cobertura vegetal (palha) do ano anterior. O esquema de rotação das lavouras e pastagens nas glebas segue a seguinte



Figura 5. Vista aérea da Unidade de Referência Tecnológica e de Pesquisa (URTP) em ILP da Embrapa Milho e Sorgo com destaque para as quatro glebas de 5,5 hectares. Sete Lagoas, MG.

ordem: soja/milho + *Urochloa* – sorgo forrageiro + *Megathyrus* – pastagem de *Megathyrus*, sendo atualmente utilizados os cultivares de forrageiras Piatã e Mombaça.

Os animais, bovinos machos de raças especializadas recém-desmamados (6 a 7 @), entram no sistema em maio/junho, e durante o período da seca (entre maio e agosto) pastejam as quatro glebas, recebendo apenas suplementação mineral ou proteinada. No período das águas (entre setembro e abril) os animais permanecem apenas em uma das glebas (pastagem de Mombaça), que é subdividida por meio de cerca elétrica em cinco piquetes, e manejada de forma rotacionada com sete dias de ocupação e 28 dias de descanso. Após o período de recria, com a chegada do novo lote de bezerros, os animais seguem para o confinamento para terminação e abate.

As glebas onde serão cultivadas as lavouras são vedadas em setembro, dessecadas em outubro e novo plantio é feito no início de novembro/dezembro. Depois da colheita das lavouras, as glebas voltam a ser ocupadas pelos animais. Assim, adota-se o sistema de utilização das áreas com 25% de pastagem e 75% de lavoura no verão e 100% da área destinada ao pastejo no período de outono-inverno (Figura 6).

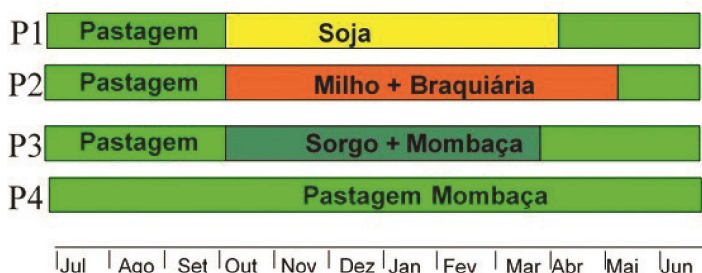


Figura 6. Esquema de utilização das glebas com lavouras e pastagens durante o ano agrícola.

Os resultados agrônômicos e pecuários verificados na URTP nas safras 2005/2006 a 2016/2017 encontram-se dispostos na Tabela 5. Pode-se verificar que, com exceção do cultivo de soja em algumas safras, as lavouras apresentaram boas produtividades médias de grãos e forragem, mesmo com a ocorrência de veranicos no mês de janeiro, período crítico para a produção de grãos na região. Deve-se ter em mente que, mesmo com a baixa produtividade da soja em alguns anos, a sua presença é desejável em função de se produzir

um alimento proteico de excelente qualidade para o balanceamento da dieta na propriedade e, principalmente, pelos benefícios da inserção de uma leguminosa na sequência de rotação com as gramíneas.

Além da diversificação de produtos para comercialização, cabe ressaltar as elevadas produtividades apresentadas pela pecuária no sistema ILP em consequência da maior resiliência das pastagens aos períodos com déficit hídrico e pelas altas produtividades das forrageiras utilizadas em solos com elevados níveis de fertilidade. A estratégia ILP, quando bem aplicada, induz à intensificação na utilização de tecnologias, como manejo rotacionado das pastagens, utilização de suplementação concentrada a pasto, confinamento em épocas estratégicas e animais com potencial genético superior que, juntamente com a grande oferta de alimentos de melhor qualidade (forragem e grãos), propiciam índices de produtividade muito superiores aos dos sistemas tradicionais da região.

Além da estabilidade na produção de grãos, forragem e carne, mesmo com a ocorrência de déficit hídrico em períodos críticos para as culturas anuais, foram observadas melhorias significativas na qualidade do solo, mais especificamente nos teores de MOS. Na Figura 7 encontram-se os resultados médios de MOS dos quatro piquetes, com análises realizadas 1 ano após a implantação dos sistemas (2005) e após 10 anos agrícolas (safra 2015/2016). Pelos resultados é possível constatar os efeitos benéficos da rotação de cultivos no incremento da MOS. O maior incremento ocorreu seis anos após a implantação dos sistemas, demonstrando que, mesmo estabelecido em SPD com boa quantidade de palha proveniente do resíduo de pastejo, o teor de MOS se elevou 1,15 vezes. Embora o incremento seja crescente, não ocorre em curtos períodos de tempo, como é possível observar nas análises em 2012 e 2015, e os solos das áreas podem estar atingindo o teto dinâmico de acúmulo de MOS.

O aumento no teor de MOS reflete diretamente no acúmulo de carbono proporcionado pelo sistema ILP. Na área de estudo, constatou-se que, após 10 anos de cultivos rotacionados, o teor de carbono no solo, na profundidade de 0-10 cm, já se encontrava semelhante ao teor de carbono do solo sob Cerrado (Figura 8).

Em função das elevadas produtividades de carne em pastejo e em confinamento (Tabela 5) e do maior valor agregado em sua comercialização, a produção de carne obtida na URTP implantada com a ILP foi analisada de forma mais detalhada nos anos agrícolas de 2013/2014 e 2014/2015. Assim, de acordo com Costa et al. (2017), que avaliaram o desempenho animal no ano agrícola 2013/2014, os animais, com diferentes grupos genéticos ($\frac{1}{2}$ Angus x $\frac{1}{2}$ Nelore e $\frac{1}{2}$ Charolês x $\frac{1}{4}$ Nelore x $\frac{1}{4}$ Angus), iniciaram o pastejo em junho de 2013, com peso vivo médio de 154,6 kg, saíram da recria e entraram no confinamento com peso médio em torno de 359,9 kg. Neste período, receberam suplementação proteico-energética a pasto na base de 0,08% PV. No confinamento foram fornecidas dietas balanceadas aos animais, visando ganhos médios diários próximos a 1,3 kg dia⁻¹, compostas de silagem de milho ou sorgo e grãos de milho e soja produzidos no sistema ILP. No confinamento de 2014 foram avaliadas as dietas com alto teor de concentrado (66% concentrado + 34% silagem de milho) e com alta concentração de grãos (85% de grãos de milho + 15% de pellets). Os lotes de animais foram abatidos com 22 meses de idade, peso final médio de 547,9 kg e rendimento de carcaça médio acima de 55%.

Tabela 5. Produtividades de grãos, silagem e animal da Unidade de Referência Tecnológica e de Pesquisa (URTP) em Integração Lavoura-Pecuária da Embrapa Milho e Sorgo, no período 2005/2006 e 2016/2017. Sete Lagoas, MG.

Ano agrícola	Tipo de exploração						Ocorrência de veranico
	Soja	Milho silagem	Milho grão	Sorgo silagem	Carne pastagem	Carne confinamento	
	t ha ⁻¹				@ ha ⁻¹	@ ^c	
2005/2006	1,80	N.A. ^a	0,00	31,0	36,7 ^b	N. A.	S = Severo
2006/2007	2,43	N.A.	6,40	53,0	37,5	N. A.	A = Ausente
2007/2008	1,98	N.A.	8,17	41,4	N. A.	N. A.	L = Leve
2008/2009	2,80	N.A.	8,07	40,3	45,2	N. A.	L
2009/2010	2,20	N.A.	8,72	36,6	33,2	N. A.	L
2010/2011	2,37	N.A.	6,09	37,7	N. A.	N. A.	M = Moderado
2011/2012	2,90	N.A.	7,15	20,1	N. A.	N. A.	S
2012/2013	0,85	53,0	7,28	52,2	N. A.	N. A.	2 (Nov = L e Jan = S)
2013/2014	N.A.	32,0	6,67	32,0	61,9 ^d	219,9	2 (Nov = L e Jan = SS)
2014/2015	2,24	39,0	5,14	43,2	52,4	332,2	S
2015/2016	1,24	45,9	9,01	50,0	48,2	300,6	2 (Nov = M e Jan = SS)
2016/2017	3,81	49,8	7,67	25,4 ^c	55,7	342,6	S

^a N. A. = não avaliado; ^b @ ha⁻¹ considerando a área de 5,5 ha do piquete de pastagem no verão - apenas suplementação mineral; ^c @ totais produz das no confinamento; ^d a partir deste ano os animais receberam suplementação proteica a pasto de 0,08% PV; ^e estande de sorgo inferior a 50% do recomendado.

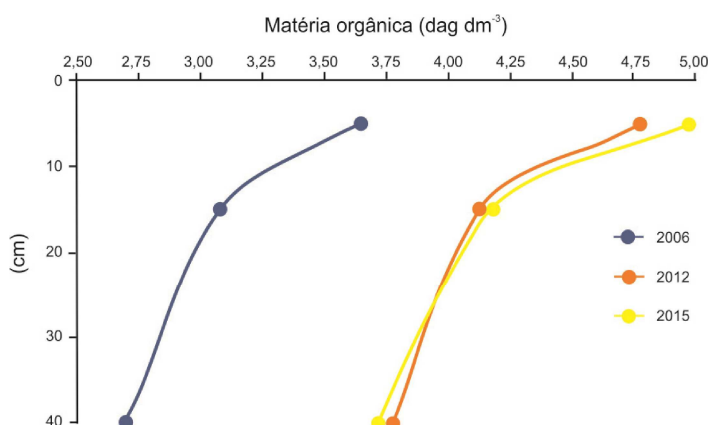


Figura 7. Evolução do teor de matéria orgânica do solo em piquetes rotacionados sob sistema ILP.

Fonte: Ramon Costa Alvarenga (dados não publicados).

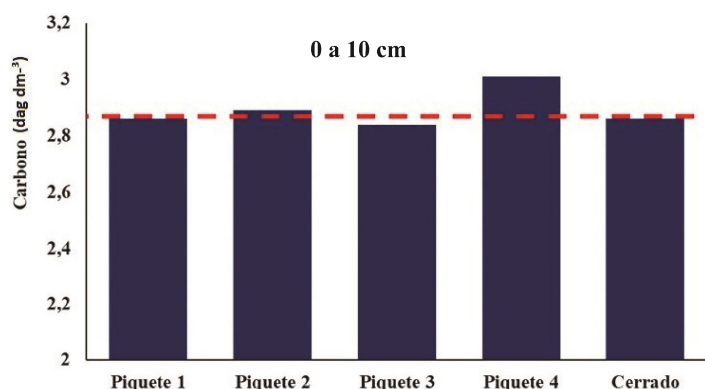


Figura 8. Incremento no teor de carbono no solo após 10 anos agrícolas de área estabelecida em ILP, com rotação entre culturas produtoras de grãos no verão e pastagem no inverno.

Fonte: Ramon Costa Alvarenga (dados não publicados).

Andrade (2017) avaliou o desempenho animal em confinamento do lote de novilhos que entraram no sistema ILP na safra 2014/2015. O período experimental foi de junho a novembro de 2015, com duração de 150 dias. Foram utilizados 47 novilhos contemporâneos, não castrados, com idade média inicial de 16 meses e peso inicial médio de 332,86 kg, de cinco grupos genéticos (Tabela 6). Os animais receberam diariamente uma dieta composta, com base na matéria seca, por 35% de silagem de milho, 54% de grãos de milho, 5,2% de grãos de soja e 5,8% de núcleo proteico para confinamento, correspondendo a uma dieta com 13,75% de proteína bruta e 70,91% de NDT. Os animais apresentaram ganhos médios diários de 1,67 kg ha⁻¹ e um consumo de matéria seca de 9,84 kg dia⁻¹, indicando elevado potencial produtivo dos animais.

Com base nos dados de confinamento apresentados por Andrade (2017), pode-se realizar o balanço de nutrientes (N, P e K) consumidos e exportados pelos animais durante o período de confinamento e estimar o potencial de ciclagem de nutrientes que um sistema ILP equilibrado pode alcançar. Assim, considerando os teores médios destes nutrientes nos componentes da dieta, o consumo da dieta pelos animais no período considerado e as concentrações destes nutrientes no corpo dos animais abatidos, calculou-se o potencial de ciclagem dos nutrientes (Tabela 7).

Verifica-se que a verticalização da produção ocasionada pela integração da produção animal à produção vegetal, além da diversificação da produção, agregação de valor e dos benefícios edáficos, possibilita o aumento na eficiência de uso de nutrientes e a ciclagem de nutrientes na propriedade, conforme exemplificado.

Com base na simulação a seguir pode-se inferir que o confinamento de 47 animais por um período de 150 dias, utilizando 94,2% da matéria seca da dieta com ingredientes produzidos na propriedade, permitiu uma redução potencial de exportação de 853 (78,6%), 112,5 (59,2%) e 380,3 (95,2%) kg de N, P e K, respectivamente, caso estes ingredientes (silagem e grãos) fossem comercializados. Obviamente, estes cálculos não consideram as perdas por volatilização e lixiviação, bem como os custos de distribuição dos dejetos

Tabela 6. Características de desempenho, de carcaça e econômicas de novilhos de diferentes grupos genéticos terminados em confinamento.

Variável	Grupo genético ¹					Média	CV ²
	NEL	TN	AN	CAN	TAN		
PVI (kg)	294,13 cd	290,40 d	363,71 a	356,00 ab	325,64 bc	332,86	10,87
PVF (kg)	502,44 b	484,30 b	576,17 a	569,65 a	520,05 ab	538,52	10,11
GMD (kg)	1,39b c	1,29 c	1,85 a	1,86 a	1,69 ab	1,67	13,30
RC (%)	55,63	55,53	55,80	55,38	54,99	55,46	2,33
CMS (kg/dia)	9,12	9,96	10,31	9,96	9,85	9,84	9,58
CMS (% PV)	2,43 ab	2,71 a	2,21 ab	2,15 b	2,44 ab	2,39	13,79

¹ NEL = Nelore; TN = ½ Tabapuã x ½ Nelore; AN = ½ Angus x ½ Nelore; CAN = ½ Charolês x ¼ Angus x ¼ Nelore; TAN = ½ Tabapuã x ¼ Angus x ¼ Nelore; PVI = peso vivo inicial; PVF = peso vivo final; GMD = ganho médio diário de peso vivo; RC = rendimento de carcaça; CMS = consumo de matéria seca em kg/dia e em % do peso vivo.

² CV = coeficiente de variação (%).

³ Médias seguidas por letras distintas nas linhas são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Fonte: Andrade (2017).

Tabela 7. Estimativa do teor de nutrientes consumidos e fixados ao corpo animal e potencial de reciclagem dos nutrientes de bovinos confinados. Sete Lagoas, MG.

	N	P	K
Composição da dieta	Teores médios (g kg⁻¹)^a		
Silagem de milho	11,5	1,15	6,23
Grãos de milho	15,8	3,8	4,80
Grãos de soja	59,2	5,5	18,80
	Nutrientes consumidos (kg)		
Consumo total da dieta ^b (kg)	69.372		
Consumo silagem de milho (35%)	24.280,2	279,2	152,0
Consumo grãos de milho (54%)	37.460,9	591,9	179,8
Consumo grãos de soja (5,2%)	3.607,3	213,6	67,8
Total (a)	1.084,7	190,1	399,6
	Conteúdos médios (kg)		
Composição corporal: 500 kg PV ^c	12	4	1
Composição corporal PI = 332,86 kg	7,99	2,66	0,67
Composição corporal PF = 538,52 kg	12,92	4,31	1,08
Δ PF – PI ^d	4,93	1,65	0,41
Exportação por 47 animais ^e	Total (b)	231,7	77,6
	Nutrientes reciclados (kg)		
Potencial de ciclagem (a) – (b)	853,0	112,5	380,3
	(78,6%)	(59,2%)	(95,2%)

^a Silagem de milho – Resende et al. (2016b); Grãos de milho e soja – compilado por Cunha et al. (2014); ^b Consumo total = 9,84 kg animal⁻¹ dia⁻¹ x 47 animais x 150 dias; ^c Humphreys (1991); ^d Cálculo do conteúdo fixado pelo animal no período do confinamento baseado no peso inicial (PI) e no peso final (PF); ^e Calculado com base no que foi fixado por animal durante o confinamento x 47 animais.

nas áreas de produção. Entretanto, permitem vislumbrar o elevado potencial de ciclagem de nutrientes que pode ser obtido com a ILP.

Com a adoção da ILP pode-se constatar uma evolução dos fluxos de entrada e saída e da ciclagem de nutrientes nos sistemas de produção. Assim, no caso de propriedades especializadas na produção de grãos, normalmente ocorrem grandes fluxos de entrada (corretivos e fertilizantes) e saída (venda de grãos) de nutrientes (Figura 9a). Já em propriedades exclusivamente pecuárias, geralmente são observados fluxos pequenos de entrada e saída de nutrientes, principalmente em função do baixo uso de

fertilizantes e da venda exclusiva de animais e/ou leite (Figura 9b). Já as propriedades com implantação parcial da ILP apresentam entradas e saídas de nutrientes intermediárias, com presença de ciclagem de nutrientes entre os componentes lavoura e pecuária, mas ainda necessitam de aportes de nutrientes para a construção da fertilidade química dos solos e início do processo de ciclagem de nutrientes. Há produção de alimentos para os animais e retorno dos dejetos para as áreas de cultivo, porém, com saídas de nutrientes ainda significativas em função da comercialização de excedentes de grãos e/ou forragem (Figura 9c). Em outro extremo estão as fazendas com ILP estabilizado (Figura 9d), nas quais busca-se otimizar as produções agrícola e animal, e que apresentam pequenas entradas e saídas de nutrientes em função da ampliação da ciclagem destes entre os componentes lavoura e pecuária, com a maior parte das receitas advindas da produção animal. Cabe ressaltar que, neste caso, a expressão “pequenas entradas e saídas” é relativa, pois, via de regra, com esta integração de atividades, os índices de produtividade tendem a se elevar significativamente, podendo ocorrer que, em números absolutos, estas entradas e saídas de nutrientes sejam maiores do que as observadas em sistemas pouco produtivos, especialmente em sistemas extensivos de produção pecuária. Da mesma forma, o dimensionamento das atividades agrícolas e pecuárias em uma propriedade deve se basear, além da otimização entre produção e demanda de alimentos interna, na busca da maior rentabilidade com a comercialização dos itens produzidos.

DESAFIOS PARA A EXPANSÃO DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

Embora a ILP promova diversos benefícios e tenha grande potencial de utilização em propriedades rurais, ainda são verificados entraves para a sua plena adoção. Neste sentido, Bungenstab (2012) considera que um dos principais entraves para a adoção diz respeito à dificuldade do produtor em definir qual sistema adotar. Essa fase passa pela seleção dos componentes vegetais e animais, pela dificuldade de se realizar um planejamento sistemático e detalhado para as circunstâncias específicas de cada estabelecimento e as possibilidades logísticas do produtor e de sua equipe.

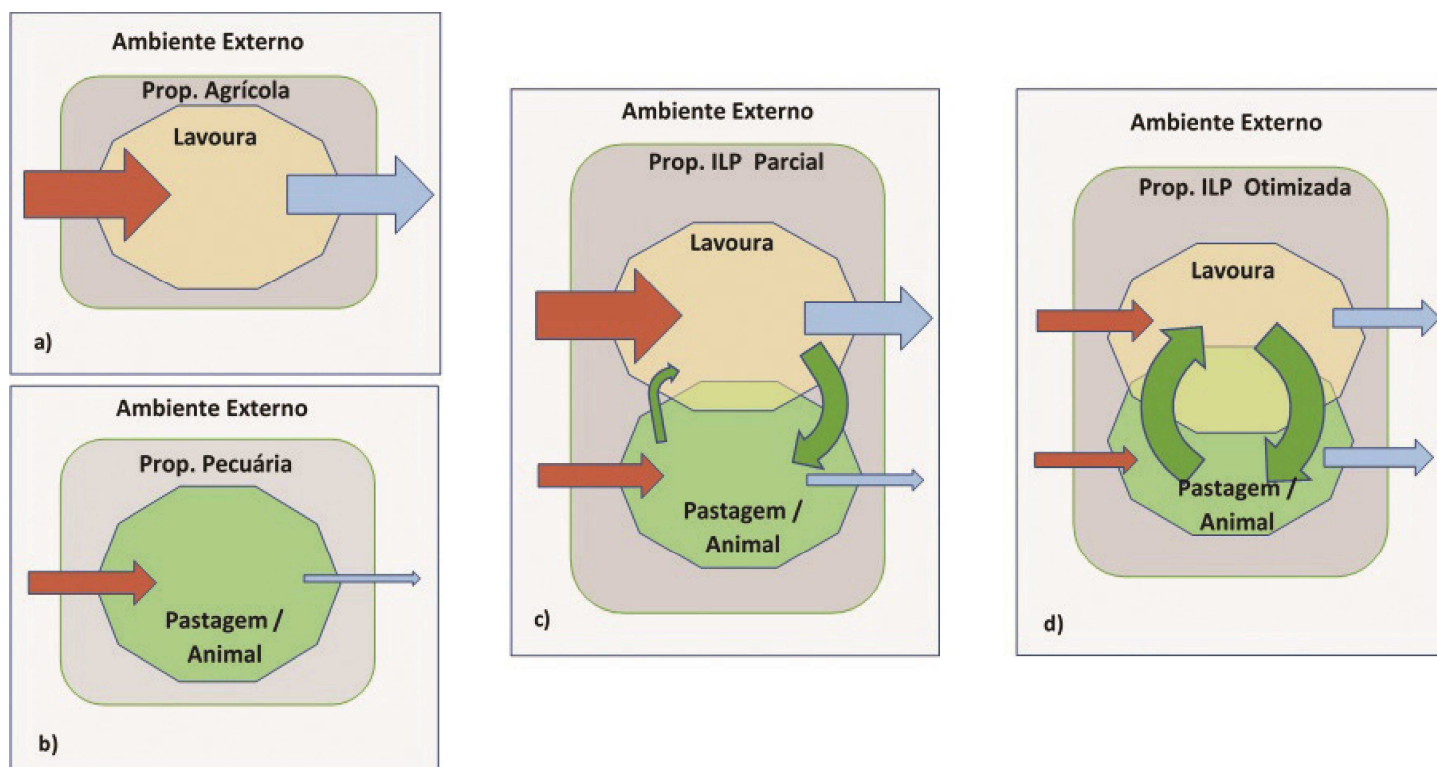


Figura 9. Fluxos de nutrientes (entradas, saídas e ciclagem) em sistemas de produção: a) Propriedades com atividades agrícolas exclusivas; b) propriedade com atividades pecuárias exclusivas; c) Propriedades com ILP e com baixa interação entre as atividades; d) Propriedades com ILP e com atividades otimizadas quanto ao uso de nutrientes e agregação de valor.

Noce (2017), em trabalho realizado na região central de Minas Gerais, buscou identificar, qualificar e quantificar os principais fatores que influenciam na tomada de decisão para a adoção do sistema ILP/ILPF, bem como a de outras tecnologias agropecuárias geradas pela pesquisa. Os estudos permitiram verificar que, com relação aos agricultores, algumas características individuais têm maior potencial para influenciar positiva ou negativamente no processo decisório de adoção de uma nova tecnologia. De forma geral, os resultados indicam o perfil básico daqueles agricultores mais propensos a adotar a tecnologia: têm níveis mais elevados de escolaridade, estão em situação relativamente mais confortável sob o ponto de vista econômico-financeiro, mostram-se motivados com sua atividade produtiva, sentem-se atendidos de forma satisfatória pelo serviço de assistência técnica e extensão rural, buscam participar e declaram gostar de atividades de transferência de tecnologia.

Mesmo com as políticas públicas já implantadas para estímulo à adoção de práticas agropecuárias mais sustentáveis, com destaque para o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC), que contempla linhas de crédito para investimento e custeios em projetos ILP/ILPF, novas políticas públicas que contemplem benefícios fiscais e o pagamento de serviços ambientais a produtores que utilizem tecnologias mais amigáveis ao meio ambiente são também fundamentais para acelerar a adoção da ILP por produtores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A coexistência dos sistemas de produção de grãos e pecuária, bem estruturados, será um dos fatores que contribuirão de forma determinante para aliar o aumento na produtividade de alimentos, a renda ao agropecuarista e a sustentabilidade ambiental, especialmente em pequenas e médias propriedades, onde existem limitações para a obtenção dos benefícios advindos da escala de produção.

Sistemas de produção mais eficientes na utilização de recursos naturais, financeiros, insumos e mão de obra, além de ambien-

talmente mais adequados, serão fundamentais para o atendimento, atual e futuro, das demandas mundiais por alimentos. Neste sentido, a estratégia ILP pode ser determinante para o atendimento desta demanda, uma vez que os estudos e a utilização da ILP por produtores rurais têm demonstrado sua efetividade na sustentabilidade dos sistemas de produção agropecuários, com destaque para os incrementos na produtividade e melhoria na qualidade dos solos.

Pesquisas para estimar os coeficientes técnicos e avaliar a eficiência no uso e ciclagem de nutrientes devem ser estimuladas, bem como as novas alternativas de espécies vegetais, a viabilidade socioeconômica e as interações e sinergia entre os componentes de sistemas de produção integrados.

O manejo adequado de dejetos animais, resíduos e subprodutos agrícolas deve ser considerado como oportunidade de ganhos econômicos (geração de receitas e ou redução de custos) e de eficiência produtiva em sistemas de produção modernos.

AGRADECIMENTOS

À Associação Rede ILPF, FAPEMIG e AGRISUS.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. **World agriculture towards 2030/2050: The 2012 Revision**. Rome: FAO, 2012. (ESA Working Paper No. 12-03).
- ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; OLIVEIRA, I. R. de; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A. de; VIANA, M. C. M.; COSTA, P. M.; BARBOSA, F. A. **Sistema de Integração Lavoura-Pecuária como estratégia de produção sustentável em região com riscos climáticos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 211).
- ANDRADE, C. A. O. de. **Sobressemeadura de espécies forrageiras em soja para viabilidade do plantio direto e integração lavoura-**

pecuária no Tocantins. 2015. 63 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2015.

ANDRADE, C. A. O. de; BORGHI, E.; BORTOLON, L.; BORTOLON, E. S. O.; CAMARGO, F. P. de; AVANZI, J. C.; SIMON, J.; SILVA, R. R. da; FIDELIS, R. R. Straw production and agronomic performance of soybean intercropped with forage species in no-tillage system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 52, n. 10, p. 861-868, 2017.

ANDRADE, J. M. **Desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de novilhos de diferentes grupos genéticos terminados em confinamento**. 2017. 60 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, O.; STONE, L. F. (Ed.). **Marco referencial integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. 132 p.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; SANTOS, J. C. F. dos; DEBIASI, H.; YOKOYAMA, A. H. Contribution of roots and shoots of *Brachiaria* species to soybean performance in succession. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 52, n. 8, p. 592-598, 2017.

BORGHI, E.; COSTA, N. V.; CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P. Influência da distribuição espacial do milho e da *Brachiaria brizantha* consorciados sobre a população de plantas daninhas em sistema plantio direto na palha. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 559-568, 2008.

BORGHI, E. et al. Forages straw decomposition oversowing on soybean consortium in crop-livestock system. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEMS; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS, 3., 2015, Brasília, DF. **Resumos...** Brasília: Embrapa, 2015.

BORGHI, E. et al. **Sobressemeadura de capins na soja para sistemas de Integração Lavoura-Pecuária**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2017. 34 p. (Embrapa Pesca e Aquicultura. Documentos, 34).

BORTOLON, L.; BORTOLON, E. S. O.; CAMARGO, F. P.; BORGHI, E. **Obtenção de altas produtividades em sistemas agrícolas**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2016. 2 p. (Embrapa Pesca e Aquicultura. Fronteira Agrícola, 12).

BUNGENSTAB, D. J. A posição estratégica dos sistemas de integração no contexto da agropecuária e do ambiente. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 217-239. Capítulo 16.

COSTA, P. M.; BARBOSA, F. A.; ALVARENGA, R. C.; GUIMARAES, S. T.; LAMPEÃO, A. A.; WINKELSTROTTER, L. K.; MACIEL, I. C. de F. Performance of crossbred steers post-weaned in an integrated crop-livestock system and finished in a feedlot. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 52, n. 5, p. 355-365, 2017.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; BORGHI, E.; MATEUS, G. P. Integração Lavoura-Pecuária: Benefício das gramíneas perenes nos sistemas de produção. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 125, p. 2-15, 2009.

CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; NASCENTE, A. S.; MARTINS, P. O.; BORGHI, E.; PARIZ, C. M. An innovative crop-forage intercrop system: Early cycle soybean cultivars and palisadegrass. **Agronomy Journal**, Madison, v. 104, n. 4, p. 1085-1095, 2012.

CUNHA, J. F. da; FRANCISCO, E. A. B.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L. I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira – 2009 a 2012. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 145, p. 1-13, 2014.

GONTIJO NETO, M. M.; SILVA, R. V.; BORGHI, E.; RESENDE, A. V. de; MELO, C. J. **Alternativas de integração lavoura-pecuária para produção de forragens e recuperação de pastagens**: Estudo de caso da Fazenda São Pedro, Unaí, MG. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, no prelo).

HUMPHREYS, L. R. **Tropical pastures utilization**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 206 p.

KAPPES, C.; ZANCANARO, L. Manejo da fertilidade do solo em sistemas de produção no Mato Grosso. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 3., 2014, Salvador. **Palestras...** Sete Lagoas: ABMS, 2014. p. 358-381.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P. de; COSTA, J. L. da S.; SILVA, J. G. da; VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O.; MAGNABOSCO, C. de U. **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: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 38).

MELOTTO, A. M.; LOURENÇÃO, A. L. F.; GRIGOLLI, J. F. J.; GITTI, D. C. Implantação do consórcio milho e capins em Mato Grosso do Sul: principais aspectos. In: LOURENÇÃO, A. L. F.; GRIGOLLI, J. F. J.; MELOTTO, A. M.; GITTI, D. C. (Ed.). **Tecnologia e produção: Milho safrinha** 2016. Maracaju: Fundação MS, 2017. 148 p.

NOCE, M. A. **Análise do processo de transferência de tecnologias no sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta, para agricultores familiares na região Central de Minas Gerais**. 2017. 184 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2017.

OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; DUTRA, L. G.; PORTES, T. de A.; SILVA, A. E. da; PINHEIRO, B. da S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. da M. de; GUIMARÃES, C. M.; GOMIDE, J. de C.; BALBINO, L. C. **Sistema Barreirão**: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. 87 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 64).

RESENDE, A. V. de; FONTOURA, S. M. V.; BORGHI, E.; SANTOS, F. C. dos; KAPPES, C.; MOREIRA, S. G.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de; BORIN, A. L. D. C. Solos de fertilidade construída: características, funcionamento e manejo. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 156, p. 1-19, dez. 2016a.

RESENDE, A. V. de; GUTIÉRREZ, A. M.; SILVA, C. G. M.; ALMEIDA, G. O.; GUIMARÃES, P. E. de O.; MOREIRA, S. G.; GONTIJO NETO, M. M. **Requerimentos nutricionais do milho para a produção de silagem**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016b. 12 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 221).

SALTON, J. C.; KICHEL, A. N.; ARANTES, M.; KRUKER, J. M.; ZIMMER, A. H.; MERCANTE, F. M.; ALMEIDA, R. G. de. **Sistema São Mateus**: Sistema de integração lavoura-pecuária para a região do Bósão Sul-Mato-Grossense. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 6 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 186).

SANTOS, F. C.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; VILELA, L.; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. da C. S.; VIANA, J. H. M. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de milho e braquiária, sob integração lavoura-pecuária no Cerrado baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p.1855-1861, 2014.

TILMAN, D.; BALZER, C.; HILL, J.; BEFORT, B. L. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. **Proceedings of the National Academy of Science**, v. 108, p. 20260-20264, 2011.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JUNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, 2011.

VILLELA, R. Vem aí o Sistema São Francisco. **Revista DBO**, São Paulo, v. 438, p. 50-58, abr. 2017.