

USO DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO BALANÇO POSITIVO DE CARBONO

*Roberto Giolo de Almeida*¹
*Sérgio Raposo de Medeiros*²
*Manuel Claudio Motta Macedo*³
*Ademir Hugo Zimmer*⁴
*Armindo Neivo Kichel*⁵

1. INTRODUÇÃO

Entre os anos de 1970 a 2006, houve no Brasil, um crescimento relativo nas áreas utilizadas com lavouras, florestas e pastagens, de 126%, 73% e 12%, respectivamente, sendo que o efetivo bovino, por sua vez, aumentou em 116% (IBGE, 2006), apontando que houve um avanço no uso de tecnologias para a bovinocultura no País.

Este retrospecto, somado às crescentes demandas por alimentos, madeira e biocombustíveis, e às restrições para abertura de novas áreas com vegetação nativa para a agropecuária e para exploração de madeira nativa, são indicativos da tendência do avanço de lavouras e de florestas plantadas em áreas com pastagens, principalmente, aquelas em algum estágio de degradação.

Neste contexto, Ferraz (2008) prevê, para a próxima década, um cenário de redução das áreas de pastagens no Brasil, entretanto, com manutenção ou ligeiro aumento do rebanho. Esta tendência é justificada pelo maior uso de tecnologias e, conseqüentemente, maior produtividade das

¹ Engenheiro agrônomo, pesquisador da Embrapa Gado de Corte (área de sistemas de produção). Avenida Rádio Maia, 830, Zona Rural, CEP 79106-550, Campo Grande, MS. E-mail: roberto.giolo@embrapa.br

² Engenheiro agrônomo, pesquisador da Embrapa Gado de Corte (área de nutrição animal). E-mail: sergio.medeiros@embrapa.br

³ Engenheiro agrônomo, pesquisador da Embrapa Gado de Corte (área de solos e nutrição de plantas), bolsista do CNPq. E-mail: manuel.macedo@embrapa.br

⁴ Engenheiro agrônomo, pesquisador da Embrapa Gado de Corte (área de sistemas de produção). E-mail: ademir.zimmer@embrapa.br

⁵ Engenheiro agrônomo, pesquisador da Embrapa Gado de Corte (área de sistemas de produção). E-mail: armindo.kichel@embrapa.br

pastagens remanescentes, em decorrência da combinação de maior uso de insumos na manutenção das pastagens, da melhoria de técnicas de manejo e incremento da suplementação alimentar dos rebanhos, além de um aumento expressivo de sistemas de integração.

Assim, a partir de tecnologias já existentes e em desenvolvimento, é possível elevar a produtividade animal em pastagens com diminuição dos impactos ambientais, incluindo a mitigação da emissão de gases de efeito estufa (Cerri et al., 2010).

Atualmente, o governo brasileiro instituiu, a partir de compromisso assumido na Conferência das Partes (COP-15, Copenhague), em 2009, um programa para diminuição voluntária das emissões de gases de efeito estufa do setor da agropecuária, denominado, Programa ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Este programa disponibilizará crédito, dentre outros, para recuperação de 15 milhões de hectares com pastagens degradadas e para implantação de 4 milhões de hectares com sistemas de ILPF, até 2020 (Brasil, 2010), visando à melhoria da sustentabilidade da pecuária brasileira.

De acordo com Balbino et al. (2011), no Brasil, existem cerca de 67,8 milhões de hectares de áreas aptas para serem utilizadas por diversos modelos de ILPF, sem a necessidade de abertura de novas áreas com vegetação nativa. Para 2010, estimava-se uma área de 1,55 milhão de hectares sendo utilizada por algum modelo de ILPF.

A seguir, serão apresentados tópicos sobre o uso de sistemas de integração, com ênfase na pecuária de corte, que contribuem para o balanço positivo de C.

2. QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO

Sistemas de integração são importantes tecnologias para manutenção da qualidade do solo, envolvendo as características químicas, físicas e biológicas do solo. Esta é uma das maiores virtudes destes sistemas, que resulta em impactos positivos de ordem econômica e ambiental. A hipótese principal, favorável aos sistemas de integração com rotação de lavoura-pecuá-

ria, seria o efeito positivo das lavouras em elevar a fertilidade do solo, além de amortizar os custos pela venda dos grãos e subprodutos, e a melhoria das propriedades físicas pela ação das raízes das forrageiras, que melhorariam a estrutura do solo, elevando os estoques de C e a capacidade de infiltração e retenção de água no solo. Com a melhoria dessas qualidades haveria, também, um incremento na densidade e na riqueza da fauna do solo e outros atributos microbiológicos.

Existe um número razoável de estudos sobre ecossistemas agrícolas nos biomas Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica, considerando os estoques de C no solo em comparação à vegetação nativa, indicando que, de modo geral, solos sob pastagens bem manejadas e sob sistemas de ILP podem acumular C em níveis semelhantes ou superiores à vegetação nativa e que a degradação das pastagens promove perda do C acumulado (Cerri et al., 2006; Jantalia et al., 2006; Macedo et al., 2012; Salton et al., 2012).

Macedo et al. (2012) avaliaram 13 sistemas agrícolas, envolvendo diferentes modelos de gestão de pastagens, de lavouras e de integração lavoura-pecuária (ILP), conduzidos em Latossolo Vermelho distrófico, no bioma Cerrado, com o objetivo de comparar a dinâmica de C e nitrogênio (N) do solo, depois de 16 anos. Neste estudo, observou-se que sistemas de ILP com um ano de lavoura seguido de três anos de pastagem foram capazes de manter estoques de C no solo em comparação com a vegetação nativa, mas que sistemas com lavouras contínuas, mesmo sob plantio direto, levaram à perda considerável de C do solo no período de 16 anos (~ 20 Mg C/ha), enquanto que sistemas de ILP com quatro anos de cultivo seguidos de quatro anos de pastagem mostraram perdas de solo ligeiramente menores. Pastagens bem manejadas, com fertilização e/ou com leguminosas, também foram capazes de manter os estoques de C do solo. Os autores concluíram que a manutenção dos estoques de C e N do solo pode servir como um bom indicador da sustentabilidade de sistemas agrícolas.

Em outro estudo, realizado por Salton et al. (2012), em um Latossolo Vermelho distroférico, na região de Dourados, MS, foram avaliados os tratamentos: sistema de ILP com rotação aveia/soja e pastagem, sistema plantio direto com rotação trigo/soja, sistema de preparo convencional com

sucessão aveia/soja, e pastagem de *B. decumbens*. Os autores observaram que o sistema de ILP acumulou mais C no solo, reduzindo as emissões de CO₂ e de N₂O, e mantendo a produtividade. Também, foi observada maior qualidade do solo neste sistema em comparação com os sistemas de plantio direto e convencional. Assim, com base nos atributos químicos, físicos e biológicos avaliados, concluíram que o sistema de ILP é agronomicamente eficiente e ambientalmente sustentável.

Estudos com diversas variações de sistemas de integração demonstram que a inclusão do componente florestal propicia benefícios de ordem ambiental e socioeconômica, que refletem em melhoria na eficiência do uso da terra (Carvalho et al., 2001a; Macedo, 2009; Almeida, 2010), entretanto, são os impactos positivos em variáveis microclimáticas e no sequestro de carbono que ampliam as possibilidades de uso desses sistemas em cenários de mudanças climáticas.

Sistemas pastoris com 250 a 350 árvores de eucalipto/ha, para corte aos oito a doze anos de idade, são capazes de produzir 25 m³/ha/ano de madeira (Ofugi et al., 2008), o que corresponde a um sequestro anual de cerca de 5 t/ha de C ou 18 t/ha de CO₂eq. Este valor equivaleria à neutralização da emissão de GEEs de cerca de 12 bovinos adultos/ha/ano. Considerando que a taxa de lotação média das pastagens brasileiras é de 1,2 animal/ha, fica evidente a relevância desses sistemas na remoção de GEEs da atmosfera e na melhoria das condições ambientais de sistemas pecuários, contribuindo fortemente para o balanço positivo de C.

3. PRODUÇÃO DE CULTURAS EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO

Além de incrementar o ganho animal, sistemas de integração com manejo correto das pastagens podem resultar em substanciais ganhos na produção de grãos.

Têm sido observados incrementos na produtividade da soja em áreas anteriormente cultivadas com forrageiras. Bortolini (2006) relata au-

mentos de 3 a 10 sacas/ha, no Mato Grosso. Kichel et al. (2012), no Mato Grosso do Sul, obtiveram aumento de 12 sacas/ha de soja em sucessão a forrageiras implantadas em consórcio com milho na safrinha anterior em comparação ao milho em monocultivo (Tabela 1), indicando a importância desta tecnologia para produção de forragem no outono-inverno, e na melhoria na produção de palhada e de grãos de soja em sucessão.

Tabela 1. Produtividade de matéria seca (MS) da forrageira, porcentagem de folha da forrageira e produtividade de grãos de soja, cultivada sobre palhada de milho em consórcio com forrageiras e de milho em monocultivo.

Forrageiras	MS de capim (kg/ha)	Folha (%)	Soja (Sac/ha)
Milho + <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Piatã	9.006 a	49 b	64 a
Milho + <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Xaraés	8.263 b	57 b	62 a
Milho + <i>Brachiaria ruziziensis</i>	7.948 b	44 c	60 a
Milho + <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça	8.477 a	52 b	60 a
Milho + <i>Panicum maximum</i> cv. Massai	4.780 c	69 a	58 a
Milho + <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk	7.696 b	43 c	57 a
Milho + <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	8.988 a	53 b	56 a
Milho + <i>Panicum maximum</i> cv. Tanzânia	8.584 a	55 b	55 a
Milho em monocultivo	-	-	48 b

a>b>c, na coluna, pelo teste de Skott-Knott (P<0,05).

Fonte: Adaptado de Kichel et al. (2012).

Em avaliações realizadas por Kichel & Miranda (2006), a adubação de manutenção das pastagens proporcionou incrementos na produção animal, como também na produção das culturas em sucessão. Foi realizada a recuperação de uma pastagem degradada de *B. decumbens* cv. Basilisk por meio do cultivo de soja, por três anos, seguido da implantação de pastagens de *B. brizantha* cv. Marandu, que foram manejadas sob pastejo contínuo, com e sem adubação de manutenção, por 44 meses. Na pastagem sem adubação, a taxa de lotação foi de 2,3 animais/ha com ganho de 66 @/ha de equivalente-carcaça e, na pastagem com adubação, de 3,5 animais/ha com ganho de 107 @/ha de equivalente-carcaça, no período. As produções de milho e de soja foram maiores quando estabelecidas sobre a pastagem adubada (Tabela 2). A produtividade da soja foi prejudicada pelo acamamento, no tratamento com adubação na pastagem e na lavoura. Cabe destacar que a massa seca

de palhada sobre a superfície do solo e a massa seca de raízes até 60 cm de profundidade foram de: 7.200 kg/ha e 7.800 kg/ha, respectivamente, na pastagem não adubada, e de 11.600 kg/ha e 14.500 kg/ha, respectivamente, na pastagem que recebeu adubação de manutenção, o que proporcionou melhor cobertura do solo e resultou em maior ciclagem de nutrientes, favorecendo as culturas (Kichel & Miranda, 2006).

Tabela 2. Produtividade do milho e da soja em sucessão a uma pastagem de *B. brizantha* cv. Marandu cultivada por quatro anos, com diferentes estratégias de adubação, em Rio Brillhante, MS.

Pastagem (44 meses) ¹	Cultura	Produtividade (kg/ha)	
		Pasto/milho ²	Pasto/soja
Sem adubação	Sem adubação	3.000	3.022
Sem adubação	Com adubação	4.980	3.400
Com adubação	Sem adubação	7.080	3.780
Com adubação	Com adubação	7.260	3.400

¹ Adubação da pastagem: 600-120 kg/ha (N-P₂O₅) em 44 meses.

² Adubação do milho: 80-60-60 kg/ha (N-P₂O₅-K₂O).

³ Adubação da soja: 6-60-60 kg/ha (N-P₂O₅-K₂O).

Fonte: Adaptado de Kichel & Miranda (2006).

De modo semelhante, em trabalhos realizados na Embrapa Cerrados, foram obtidos aumentos substanciais no ganho animal e na produtividade da soja em cultivo de sucessão, em decorrência da adubação de manutenção da pastagem de capim-marandu com nitrogênio e fósforo (Tabela 3). As pastagens com adubação de manutenção comportaram lotações mais elevadas e o ganho de peso vivo/ha foi 62% e 70% mais elevado, nas pastagens com adubação de manutenção baixa e alta, respectivamente, do que na pastagem sem adubação de manutenção. Importante notar que, nas pastagens com adução de manutenção, os animais consumiram menores quantidades de suplemento mineral, reflexo provável da melhor qualidade da forragem ingerida. As produções de soja foram substancialmente maiores quando em cultivo sobre pastagens adubadas, entretanto, ainda responderam à adubação de 500 kg/ha, nas áreas de pastagens que receberam baixa adubação de manutenção, e de 250 kg/ha, nas áreas de pastagens que receberam alta adubação de manutenção.

Tabela 3. Efeito da adubação de manutenção, por quatro anos, da pastagem recuperada de *B. brizantha* cv. Marandu, no ganho animal, consumo de sal mineral e produtividade da soja em sucessão, em três níveis de adubação da cultura.

Adubação da pastagem N + P ₂ O ₅ (kg/ha/ano)	Produção animal			Produção de soja (kg/ha) ¹		
	Lotação (animal/ha)	Ganho de peso vivo (kg/ha/ano)	Consumo de sal mineral (g/an./dia)	Adubação Zero	Adubação 250 kg/ha	Adubação 500 kg/ha
0+0	1,88	777	177	1.150	2.800	3.400
75+20	3,08	1.261	131	3.000	3.600	4.050
75+40	3,21	1.325	118	3.750	4.050	3.800

¹ Adubação da soja: fórmula 0-20-20 + micronutrientes.
 Fonte: Vilela, L. et al. (dados não publicados).

Para os sistemas de ILP, é importante realizar a correção do solo e adubações visando o sistema como um todo (pastos e cultivos) e não de forma isolada, já que as forrageiras, especialmente as tropicais, utilizam de forma mais eficiente os nutrientes do solo, como constatado por Souza et al. (1997). Estes autores verificaram, para condições de Cerrado, que a recuperação do fósforo foi de 62% a 85% nos sistemas de integração com culturas anuais e pastagens e de 35% a 44% nos sistemas com somente culturas anuais.

Segundo Martha Jr. et al. (2006), em sistemas de ILP, o ponto de nivelamento, em termos de kg de ganho de peso vivo (GPV)/kg de N aplicado, na adubação da pastagem com nitrogênio (ureia), seria de 1,01 a 1,98 GPV/kg de N, enquanto que no pasto exclusivo esse intervalo seria 1,37 a 2,56 GPV/kg de N.

4. PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO

A utilização da forragem dentro de sistemas de ILP, geralmente, inicia-se em pasto implantado após a colheita de uma cultura anual, o que

coincide com o período seco do ano. Nessa época, é bastante comum verificar perda de peso para bovinos mantidos em pastagem no sistema convencional e suplementados com mistura mineral. Nas mesmas condições, para animais em pastagens recuperadas por meio de ILP, é comum observar-se ganho de peso.

Isso ocorre em pastagens dentro de sistemas de integração, pois elas apresentam duas características mais favoráveis para a nutrição animal do que as pastagens em sistemas convencionais: maior disponibilidade de forragem com maior valor nutritivo. A melhora de qualidade da pastagem no sistema de ILP é bem ilustrada em trabalhos em que houve grande aumento de produção por área (Barcellos et al., 1999; Fernandes et al., 2004; Macedo et al., 2007).

A principal diferença, todavia, é a maior disponibilidade de forragem pelo efeito residual da adubação das lavouras antecessoras na fertilidade do solo. A maior disponibilidade, por sua vez, permite uma maior seleção, pelos animais, das partes mais nutritivas das plantas, o que melhora o valor nutricional da forragem ingerida pelo animal.

O efeito da seleção do animal na melhoria do valor nutritivo da forragem ingerida é bem ilustrado na Tabela 3. A diferença do teor de proteína bruta entre o valor da coleta total, feita próxima ao solo, e o da forragem que é consumida pelo animal após seleção, pode ser de até 100%. Esse é o caso de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em outubro. Mesmo a menor diferença, para *B. decumbens*, em janeiro, ainda é de 22%. Fica claro, portanto, que a seleção das partes mais nutritivas das forrageiras melhora o aporte de nutrientes e, portanto, ajuda na obtenção de melhor desempenho animal.

Tabela 4. Valores de proteína bruta (g/kg de MS) obtidos em coleta total (corrente ao solo) e por simulação de pastejo, e a diferença percentual entre elas, para *Brachiaria decumbens*, *B. brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Tanzânia, em quatro meses do ano.

Variável = proteína bruta	Janeiro	Março	Julho	Outubro
<i>Brachiaria decumbens</i>				
Coleta total (g/kg)	90	70	50	60
Pastejo simulado (g/kg)	110	90	70	110
Diferença (%)	22	29	40	83
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu				
Coleta total (g/kg)	80	60	50	60
Pastejo simulado (g/kg)	110	90	70	120
Diferença (%)	38	50	40	100
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzânia				
Coleta total (g/kg)	100	80	60	80
Pastejo simulado (g/kg)	130	110	80	130
Diferença (%)	30	38	33	63

Fonte: Adaptado de Euclides & Medeiros (2005)

A digestibilidade da forragem é altamente influenciada pela melhor disponibilidade. De fato, o exemplo do aumento do teor de proteína bruta apresentado na Tabela 3, ocorre pelo aumento de consumo de folha (Euclides & Medeiros, 2005), que tem maior digestibilidade do que as outras partes da planta. Mesmo no *Tier 1* do guia do IPCC (2006) para estimativa de emissão de metano entérico, que é o nível mais simplificado, a digestibilidade da forragem aparece como fator determinante na produção de GEEs pelo ruminante. Assim, quanto maior a digestibilidade, menor a emissão de metano por kg de alimento consumido. Como o aumento de energia resultante da maior digestibilidade deve resultar em maior produção de carne, há melhora no índice de emissão de GEEs, que corresponde a kg de GEEs para cada kg de carne produzida.

Deve-se observar que, em decorrência do melhor valor nutritivo da forragem, podemos esperar uma menor resposta à suplementação em pastagens em ILP. Não é de se esperar, por exemplo, grandes aumentos de ingestão de forragem, caso a seleção pelos animais permita a ingestão de dieta com mais de 7% de proteína bruta na MS (Van Soest, 1994), que é o limite mínimo de proteína para o atendimento das exigências dos microrganismos ruminais.

Outra resposta que podemos esperar para a pastagem em ILP, seria uma maior taxa de substituição, ou seja, uma maior redução na ingestão de forragem para cada unidade de suplemento consumido.

Ao se suplementar o animal, as melhores respostas ocorrem caso o consumo deste não reduza o consumo de forragem, situação em que há 100% de aditividade. Isto é, tem maior probabilidade de ocorrer na pastagem convencional vedada por 120-150 dias antes da seca com suplementação menor do que 1% do peso vivo. Este valor equivale a 4,5 kg de matéria seca (MS) para um animal de 450 kg de peso vivo (PV). Deste valor para a frente, a probabilidade de haver substituição é quase certa e a taxa em que ela ocorre, usualmente, fica entre 10 de 20%, ou seja, para cada kg de suplemento reduz-se de 100 a 200 g na ingestão da forragem (Euclides & Medeiros, 2005).

A taxa de substituição é tanto maior quanto mais próxima a qualidade da pastagem estiver do suplemento, ou seja, pastagens com melhor valor nutritivo são mais propensas a maiores taxas de substituição. Esse é um dos motivos para menor efetividade da suplementação de pastagens na época das águas. De forma semelhante, com a melhora na qualidade da forragem da pastagem em ILP, podemos esperar uma resposta menor à suplementação.

Importante observar que a referência é para a resposta à suplementação e não para o desempenho animal. O desempenho será melhor na pastagem de melhor qualidade, em relação a uma pastagem de menor qualidade com a mesma intensidade de suplementação.

Um bom exemplo é o do trabalho de Alvarenga et al. (2007), que, durante a época seca, observaram, em pastagem de *Panicum maximum* cv. Tanzânia, estabelecida em consórcio com milho, ganhos de peso em novilhos de recria entre 700 g/animal/dia e 900 g/animal/dia. Esses ganhos seriam esperados na época das águas e não na seca.

Do ponto de vista do índice de emissão de GEEs, a ILP, portanto, melhora a situação, pois mantém o mesmo ganho, reduzindo a necessidade de insumos externos, o que reduz a emissão vinculada à produção, transporte e oferta dos suplementos.

Ao se usar suplementos em pastagens de alta qualidade, o que ocor-

re é que, em vez de aumento de resposta individual de peso, estamos fazendo o animal consumir menos forragem, por conta do alto efeito de substituição. Em função disso, temos a possibilidade de aumento de produção por área, uma vez que o sobra mais forragem que pode ser consumida aos novos animais que entrariam na área.

Foi feita uma simulação, utilizando-se o programa *Embrapa Invernada* (<http://www.invernada.cnptia.embrapa.br/>), do que ocorreria para a situação de uma pastagem em ILP considerando um aumento de 30% de disponibilidade de forragem. O *Embrapa Invernada* é um programa de computador de apoio ao planejamento de produção de bovinos de corte, que incorpora um banco de dados de clima e alimentos, para a simulação do crescimento de pastagens, do pastejo e do crescimento de animais, e que permite analisar o sistema de produção e comparar cenários.

Na primeira simulação, manteve-se a lotação da pastagem convencional e, em uma outra simulação, aumentou-se a lotação de forma a ter uma oferta de forragem semelhante entre os tratamentos controle e o com 30% a mais de disponibilidade de forragem. Os resultados de ganho diário de peso (GDP) podem ser observados na Figura 1.

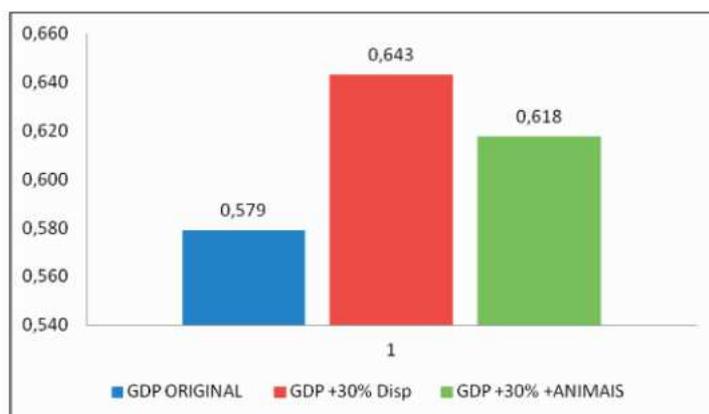


Figura 1 - Ganho diário de peso (GDP) de animais recebendo de 0,5 a 1,0% de suplementos energéticos em pastagem convencional (GDP original), com 30% a mais de disponibilidade de forragem (GDP + 30%), e com 30% a mais de disponibilidade de forragem e com mais animais para ficar com a mesma pressão de pastejo da situação original (GDP + 30%+ Animais). A situação original é baseada em Aguilhon et al. (2005).

Pode-se observar que o GDP aumentou 11% com o incremento da disponibilidade de forragem. Isso reflete a maior seleção que o animal pode fazer da forragem disponível. Esse é o único efeito que o modelo embutido no programa *Embrapa Invernada* é sensível, pois há um submodelo de consumo que altera o consumo das diferentes partes da planta conforme a disponibilidade de forragem. A questão de alterações na densidade, não são contempladas, o que dá margem para esperar eventualmente por resultados ainda melhores de desempenho.

Interessante notar que, quando corrigimos a lotação para obter uma oferta de forragem semelhante (3,75% PV vs. 3,86% PV), o GDP ainda foi quase 7% maior do que o cenário usado como base (Aguilhon et al., 2005), que foi o resultado médio de GDP de suplementações ente 0,5 a 1,0% PV com diferentes fontes de energia (aveia ou milho). Isso indica que o aumento de lotação resultará em maior produção por hectare, que também é importante para redução da emissão de GEEs, especialmente na questão ligada à mudança de uso da terra, uma vez que uma menor área destinada à produção de alimentos seria necessária.

No caso de sistemas de ILPF, observa-se que o sombreamento da forrageira pelo componente florestal melhora o valor nutritivo da forragem, mas, ao mesmo tempo, reduz a taxa de acúmulo de forragem (Almeida et al., 2012).

No que diz respeito ao valor nutritivo das gramíneas em sombreamento, aquelas mais próximas às fileiras de árvores apresentam teores de proteína bruta 15 a 40% maiores que em pastagens em sol pleno, além de maiores valores de digestibilidade (Sousa et al., 2007; Moreira et al., 2009; Behling Neto et al., 2012).

Apesar de que as necessidades proteicas do animal neste tipo de sistema possam ser mais facilmente atendidas pela própria pastagem e, conseqüentemente, os níveis de suplementação proteica possam ser menores, deve-se considerar que esse aumento é apenas nas plantas sombreadas e que há os efeitos de menor disponibilidade e, eventualmente, menor densidade do dossel a contrabalancear esse aumento de valor nutritivo.

Paciullo et al. (2011), comparando locais de maior e menor som-

breamento por fileiras de árvores compostas principalmente de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis*, relataram diferenças no número de perfilhos e na massa de forragem verde de *Brachiaria decumbens* de aproximadamente 15%. Behling Neto et al. (2012) observaram diferenças de aproximadamente 50% na disponibilidade média anual de matéria seca verde de capim-piatã entre sistemas de ILP e ILPF. Estes resultados indicam que a capacidade de suporte para determinados sistemas integrados com árvores (ILPF) é menor do que para sistemas integrados em que não há sombreamento (ILP).

A redução na luminosidade promove alterações morfológicas na forragem para aumentar a interceptação por meio do aumento da área foliar específica (AFE), conforme observado por Paciullo et al. (2007). Estas alterações da planta em busca de luz modificam a configuração do dossel forrageiro, deixando-o menos denso.

Hoje, sabe-se que um aspecto determinante no consumo, é a arquitetura do dossel. Assim, um animal pode apresentar maior nível de consumo em uma pastagem cuja estrutura do dossel é mais densa do que teria em outra que tenha uma estrutura espacial menos densa, mesmo que esta última tenha melhor valor nutritivo. Isso ocorre, pois, a primeira facilita a apreensão da forragem pelo animal e, portanto, favorece um maior tamanho do bocado. Tamanho do bocado pequeno tem forte correlação com baixo consumo, apesar de poder ser eventualmente compensado por maior tempo de pastejo (Carvalho et al., 2001b).

Por fim, os sistemas silvipastoris têm como um de seus maiores trunfos o aumento do bem-estar animal, pela provisão de sombra. Além do aspecto de possibilitar ao animal a opção de se proteger (de altas e baixas temperaturas, e do vento), por aumentar o conforto, ajudaria na obtenção de uma melhor produção. Quando o animal fica sujeito a temperaturas superiores a sua tolerância, a primeira resposta é a redução da ingestão de matéria seca (Van Soest, 1994), com conseqüente diminuição da produção. Evidentemente, haverá tanto maior benefício na oferta de sombra quanto mais quente for o clima do local em questão.

A sugestão de Fox et al. (2000) é que, em locais com temperaturas

médias superiores à 35°C, a redução de consumo de matéria seca esperada seria de 40%. No caso dos ruminantes, mesmo que sob temperaturas muito altas durante o dia, havendo temperaturas amenas durante a noite, ou seja, o resfriamento noturno, estes chegam a compensar até 90% do consumo de um animal semelhante em situação de conforto térmico.

Ainda com relação ao conforto térmico, deve-se levar em consideração que o genótipo predominante no Brasil é de animais zebuínos, que são bem adaptados ao calor. Um exemplo desta adaptação pode ser observada na Figura 2.

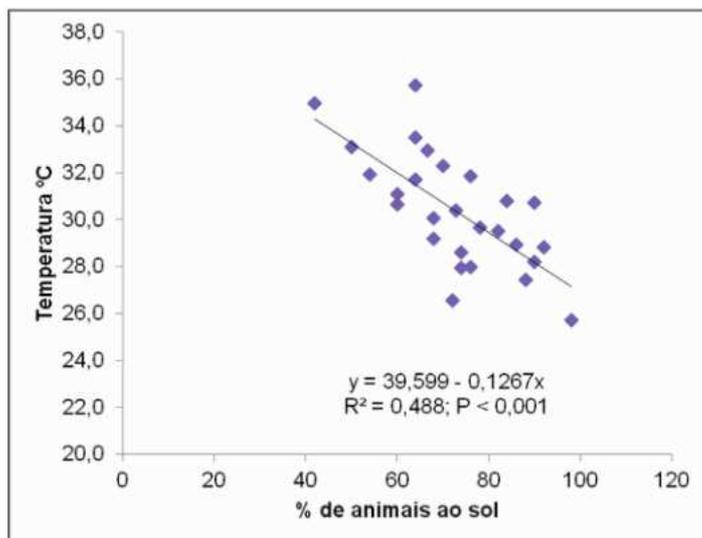


Figura 2 - Porcentagem de animais ao sol, mesmo tendo opção de sombra artificial (telhas amianto), em horário entre 13:00 e 14:00.
Fonte: Dias et al. (2011).

A regressão apresentada na Figura 2 é entre a porcentagem de animais observados no sol em algum horário entre 13:00 e 14:00 (horário próximo às temperaturas máximas médias do dia) e a temperatura observada neste dia. Como pode ser observado, há uma boa relação entre a temperatura do dia e o número de animais ao sol, sendo que, à medida que se aumenta a temperatura, aumenta-se o número de animais à sombra. Isso mostra que, apesar da sombra ser artificial, de menor qualidade do que

a sombra natural de uma árvore, ela foi mais procurada quando da ocorrência de temperaturas mais elevadas, podendo, portanto, ser considerada efetiva em melhorar o conforto dos animais. O outro ponto importante é que essa regressão permite inferir que só teríamos 100% dos animais à sombra caso a temperatura se aproximasse de 40°C, reforçando a excelente adaptação dos zebuínos ao calor.

Assim, do ponto de vista da suplementação, os sistemas de ILPF e silvipastoris apresentam efeitos contraditórios em termos de desempenho animal e produção de arrobas por hectare. Isso porque, ao mesmo tempo em que a melhora do valor nutritivo da forragem reduziria a necessidade de suplemento para mesmo ganho, de maneira semelhante ao já comentado para ILP, a redução na disponibilidade de forragem e uma eventual redução da densidade do dossel teriam efeito negativo, podendo reduzir a produção animal individual ou por área. O outro efeito positivo, que seria a melhoria do conforto térmico, parece não ser tão determinante, seja pela boa adaptabilidade dos zebuínos às altas temperaturas, seja porque em boa parte do Brasil pecuário-central o resfriamento noturno ocorre.

Em estudos realizados por Oliveira et al. (2013), foi avaliada a produção de bovinos Nelore em sistemas de integração com três densidades de árvores: 5 árvores/ha, 227 árvores/ha, e 357 árvores/ha. Os ganhos de peso por animal não difeririam por tratamento, mas para o grupo com 5 árvores/ha, o ganho por hectare foi maior no verão e outono. O mais importante é que esse trabalho mostrou que o tratamento com o número intermediário de árvores é plenamente viável, com as vantagens de diversificação da renda na propriedade e, obviamente, maior sequestro de carbono pelo componente florestal.

A produção de culturas agrícolas em sistemas de integração oferece a oportunidade de uso de grãos e de resíduos do beneficiamento dos grãos na alimentação animal. Assim, o confinamento pode ser incorporado, de forma mais vantajosa, em sistemas de integração. Dados de trabalhos recentes têm mostrado que o confinamento é uma das mais eficientes ferramentas para reduzir a emissão de metano por quilograma de carne (Berndt, 2010; Capper & Bauman, 2013). A disponibilidade de resíduos

do componente agrícola de sistemas de ILP, desde que bem manejados, pode facilitar a viabilidade econômica do confinamento nestes sistemas.

O confinamento, ao tirar os animais mais pesados da pastagem, para terminação, permite que os animais que ficam na pastagem selecionem uma dieta melhor e tenham também seus desempenhos aumentados, o que significa menor emissão de metano por quilograma de carne.

Esteves et al. (2010), avaliaram o desempenho produtivo e as emissões de metano de bovinos em pastagem extensiva de *Brachiaria decumbens* e em sistema de ILP com terminação em confinamento, no período de 2006 a 2008. Os resultados indicaram que a emissão de metano por kg de ganho de peso vivo foi maior para os animais a pasto (0,276) em relação aos confinados (0,120), com redução de 56,5% em decorrência do maior ganho de peso diário obtido. Também foi observado que os animais que obtiveram maior média de ganho de peso vivo diário produziram menor quantidade de metano (kg CH₄/kg PV ganho).

Outra boa oportunidade da ILP associada ao confinamento é a possibilidade do aproveitamento do milho úmido na terminação de bovinos. O milho úmido é colhido ainda com alta umidade (30-40%). Ele é ensilado e, no processamento, a matriz proteica, que reduz o acesso das enzimas digestivas ao amido do milho, se gelatiniza, permitindo um aumento de digestibilidade. Estima-se que o milho úmido tenha até 10% mais energia que o milho convencional e, portanto, seu uso faz com que o animal possa ser até 20% mais eficiente, o que reduz o índice de metano emitido. Entretanto, ainda são escassos os estudos sobre emissões de GEEs com o uso de silagem de milho úmido em confinamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto a demandas futuras de pesquisa e transferência de tecnologia em sistemas de integração com foco no balanço positivo de C, o grupo de pesquisa “Sistemas de produção sustentáveis e cadeias produtivas da pecuária de corte - GSP”, da Embrapa Gado de Corte, identificou as

necessidades a seguir:

- Selecionar cultivares de forrageiras, soja, milho e outras culturas com maior tolerância ao sombreamento e adaptação a sistemas de integração;
- Selecionar variedades e espécies de essências florestais para ampliar as opções, atualmente concentradas no eucalipto, em sistemas de integração;
- Desenvolver sistemas de cultivo que facilitem a implantação de espécies arbóreas sobre pastagens degradadas sem a necessidade de cultivos anuais de grãos. Esta é uma demanda para sistemas de integração onde não é possível a lavoura, por limitações edafoclimáticas, com estímulo para pecuaristas que não têm interesse em implantarem lavouras;
- Ampliar os estudos com gado de leite e pequenos ruminantes em sistemas de integração;
- Aprofundar os estudos de balanço de carbono e de análise de ciclo de vida de produtos oriundos de sistemas de integração;
- Avaliar os efeitos na conservação e uso do solo e da água, e na melhoria da qualidade do solo pelos sistemas de integração;
- Estimular e manter experimentos de longa duração de sistemas de integração em pontos estratégicos do Brasil, para avaliar a dinâmica do carbono e transformações na qualidade do solo;
- Aprofundar estudos de contabilidade energética e impactos ambientais em sistemas de integração, assim como comparar as pegadas de carbono ou pegada ecológica em comparação com sistemas tradicionais em uso;
- Ampliar as atividades de transferência de tecnologia e avaliação econômica dos sistemas de integração, especialmente, em sistemas reais utilizados por produtores em fazendas de diferentes regiões;
- Estabelecer zoneamento para uso de sistemas de integração em função do solo, clima e infraestrutura existente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGULHON, R. A.; JOBIM, C. C.; BRANCO, A. F.; CALIXTO JÚNIOR, M. Fontes energéticas e níveis de suplementação para vacas em pastagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Hochst ex. A. Rich Stapf) no inverno. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.1, p.151-158, 2005.
- ALMEIDA, R. G. Sistemas agrossilvipastoris: benefícios técnicos, econômicos, ambientais e sociais. In: ENCONTRO SOBRE ZOOTECNIA DE MATO GROSSO DO SUL, 7, 2010, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: UFMS, 2010. p. 1-10. 1 CD-ROM.
- ALMEIDA, R. G.; BARBOSA, R. A.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N. Forrageiras em sistemas de produção de bovinos em integração. In: BUNGENSTAB, D. J. (Org.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 87-94.
- ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; RAMALHO, J. H.; GARCIA, J. C.; VIANA, M. C. M.; CASTRO, A. A. D. N. **Sistema de integração lavoura-pecuária: o modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 9p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 93).
- BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília: Embrapa, 2011. 130p.
- BARCELLOS, A. O.; VIANNA FILHO, A.; BALBINO, L. C. OLIVEIRA, I. P.; YOKOYAMA, L. P. **Restabelecimento da capacidade produtiva e desempenho animal em pastagens renovadas na região do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 4p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 22).
- BEHLING NETO, A.; ALMEIDA, R. G.; ABREU, J. G.; MACEDO, M. C. M.; SANTOS, V. A. C.; OLIVEIRA, C. C. Disponibilidade e valor nutritivo de capim-piatã em sistemas integrados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49, 2012, Brasília. *Anais...* Brasília: SBZ, 2012. 3p. 1 CD-ROM.
- BERNDT, A. Impacto da pecuária de corte brasileira sobre os gases do efeito estufa. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 7, 2010, Viçosa. *Anais...* Viçosa: UFV, 2010. p. 121-148.
- BORTOLINI, C. G. Integração lavoura-pecuária: a geração da terceira safra do ano. In: FUNDAÇÃO MT. **Boletim de pesquisa de soja**, 2006. Rondonópolis, MT: FUNDAÇÃO MT, 2006. p.242-248. (FUNDAÇÃO MT. Boletim de Pesquisa, 10).

- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Decreto Nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010. [2010]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7390.htm Acessado em: 12 abr. 2013.
- CAPPER, J. L.; BAUMAN, D. E. The role of productivity in improving the environmental sustainability of ruminant production systems. *Annual Review of Animal Biosciences*, v.1, n.1 p. 469-489, 2013.
- CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C. (Ed.). *Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, 2001a. 414 p.
- CARVALHO, P. C. F.; RIBEIRO FILHO, H. M. N.; POLI, C. H. E. C. et al. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001b. p. 853-871.
- CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; MAIA, S. M. F.; CERRI, C. E. P.; COSTA JÚNIOR, C.; FEIGL, B. J.; FRAZÃO, L. A.; MELLO, F. F. C.; GALDOS, M. V.; MOREIRA, C. S.; CARVALHO, J. L. N. Greenhouse gas mitigation options in Brazil for land-use change, livestock and agriculture. *Scientia Agricola*, v.67, n.1, p.102-116, 2010.
- CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C.; BERNOUX, M.; CERRI, C. C. Seqüestro de carbono em áreas de pastagens. In: PEREIRA, O.G. et al. (Ed.). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3, 2006, Viçosa. *Anais...* Viçosa: UFV, 2006. p.73-80.
- DIAS, L. D. B.; MEDEIROS, S. R.; ROSA, A. N.; SILVA, D. B.; PEREIRA, R. M.; GOMES, F. O. C.; MATOS, R. A.; MACEDO, G. S. Avaliação da preferência de Nelores confinados pela permanência ao sol ou à sombra. In: JORNADA CIENTÍFICA EMBRAPA GADO DE CORTE, 7, 2011, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2011. 1p. 1 CD-ROM.
- ESTEVES, S. N.; BERNARDI, A. C.; VINHOLIS, M. M.; PRIMAVESI, O. Estimativas da emissão de metano por bovinos criados em sistema de integração lavoura-pecuária em São Carlos, SP. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2010. 7p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 65).
- EUCLIDES, V. P. B.; MEDEIROS, S. R. Suplementação alimentar de bovinos em pastagens. In: CARVALHO, L. A. et al. (Org.). *Tecnologia e gestão na atividade leiteira*. 1.ed. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2005. p. 203-240.

- FERNANDES, L. O.; MACHADO, H. C.; MENDONÇA, V. J. C.; LANDIN, A. M. S.; PAIVA, D. C. Produção animal em diferentes gramíneas, associadas ou não ao sorgo AG 2501, no processo de renovação de pastagens. *FAZU em Revista*, Uberaba, n.1, p.36-45, 2004.
- FERRAZ, J. V. Uma visão do futuro: a pecuária brasileira daqui a 10 anos. In: *ANUAL-PEC 2008: anuário da pecuária brasileira*. São Paulo: Instituto FNP, 2008. p. 22-32.
- FOX, D. G.; TYLUTKI, M. E.; TEDESCHI, L. O.; VAN AMBURGH, M. E.; CHASE, L. E.; PELL, A. N.; OVERTON, T. R.; RUSSELL, J. B. *The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion: CNCPS version 5.0*. Cornell University, Ithaca, NY. 2000, 292p. (Animal Science Mimeo, 213).
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Área dos estabelecimentos agropecuários por utilização das terras: série histórica (1970/2006)*. [2006]. Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=264&z=p&o=2&i=P. Acessado em: 20 Fev. 2013.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. *Emissions from livestock and manure management. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: reference manual*. Paris: IPCC, v.4, 2006. p. 10.1-10.89.
- JANTALIA, C. P.; TERRÉ, R. M.; MACEDO, R. O.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Acumulação de carbono no solo em pastagens de *Brachiaria*. In: ALVES, B. J. R. et al. (Ed.). *Manejo de sistemas agrícolas: impactos no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa*. Porto Alegre: Genesis, 2006. p. 157-170.
- KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G.; COSTA, J. A. A. Integração lavoura-pecuária-floresta e a sustentabilidade na produção de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6, 2012, Cuiabá, MT. *Anais...* Cuiabá, MT: Embrapa; Aprosoja, 2012. 3p. 1 CD-ROM.
- MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.133-146, 2009 (suplemento especial).
- MACEDO, M. C. M. Integração lavoura-pecuária-floresta: alternativa de agricultura conservacionista para os diferentes biomas brasileiros. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 18, 2010, Teresina. *Novos caminhos para agricultura conservacionista no Brasil: anais*. Teresina: Embrapa Meio-Norte; UFPI, 2010. 34p. 1 CD-ROM.

- MACEDO, M. C. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; ZATORRE, N. P.; JANTALIA, C. P.; BODDEY, R. M. Impact of pastures, cropping and ICL systems on soil carbon stocks in the Brazilian Cerrados. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS, 2, 2012, Porto Alegre, RS. *Proceedings...* Porto Alegre, RS: INRA; UFPR; UFRGS; USDA, 2012. 3p.
- MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H. Sistemas integrados de lavoura-pecuária na Região dos Cerrados. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 2007, Curitiba. *Anais...* Curitiba: UFPR; UFRGS, 2007. 24p. 1 CD-ROM.
- MARTHA JR., G. B.; BARCELOS, A. O. ; VILELA, L.; SOUZA, D. M. G. **Benefícios bioeconômicos e ambientais da integração lavoura-pecuária.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. 28p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 154).
- MOREIRA, G. R.; SALIBA, E. O. S.; MAURÍCIO, R. M.; SOUSA, L. F.; FIGUEIREDO, M. P.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. Avaliação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sistemas silvipastoris. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.61, n.3, p.706-713, 2009.
- OFUGI, C.; MAGALHÃES, L. L.; MELIDO, R. C. N.; SILVEIRA, V. P. Integração lavoura-pecuária (ILPF), sistemas agroflorestais (SAFs). In: TRECENI, R. et al. (Ed.). *Integração lavoura-pecuária-silvicultura: boletim técnico.* Brasília: MAPA/SDC, 2008. p.20-25.
- OLIVEIRA, C. C.; VILLELA, S. D. J.; ALMEIDA, R. G.; ALVES, F. V.; BEHLING NETO, A.; MARTINS, P. G. M. A. Performance of Nellore heifers, forage mass, and structural and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* grass in integrated production systems. *Tropical Animal Health and Production*, v.45, p.1-6, 2013.
- PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELLO, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, n.4, p. 573-579, 2007.
- PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; FERNANDES, P. B.; MULLER, M. D.; PIRES, M. F. A.; FERNANDES, E. N.; XAVIER, D. F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, n.10, p.1176-1183, 2011.

- SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in Dourados, Brazil: a sustainable production system. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROPLIVESTOCK SYSTEMS, 2, 2012, Porto Alegre, RS. *Proceedings...* Porto Alegre, RS: INRA; UFPR; UFRGS; USDA, 2012. 3p.
- SOUSA, L. F.; MAURÍCIO, R. M.; GONÇALVES, L. C.; SALIBA, E. O. S.; MOREIRA, G. R. Produtividade e valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um sistema silvipastoril. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.59, n.4, p.1029-1037, 2007.
- SOUZA, D. M. G.; VILELA, L.; REIN, T. A.; LOBÃO, E. Eficiência da adubação fosfatada em dois sistemas de cultivo em um Latossolo de Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 1 CD-ROM.
- VAN SOEST, P. J. *Nutrition ecology of the ruminant*. 2nd.ed. Cornell University Press: Ithaca, NY, 1994. 476p.