



MISSÃO

Desenvolver e promover informações científicas sobre o manejo responsável dos nutrientes das plantas para o benefício da família humana

INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS

Nº 138 JUNHO/2012

AGRICULTURA SUSTENTÁVEL POR MEIO DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (iLPF)

*Luiz Carlos Balbino¹
Luiz Adriano Maia Cordeiro²
Priscila de Oliveira³*

*João Kluthcouski⁴
Paulo Roberto Galerani⁵
Lourival Vilela⁶*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a humanidade enfrenta desafios cada vez maiores para produzir alimentos, fibras, energia, produtos madeireiros e não madeireiros de forma compatível com a disponibilidade de recursos naturais. Neste sentido, são intensos os apelos para que seja difundida em todo o mundo a concepção de Agricultura Sustentável.

Segundo o conceito adotado pela FAO e ratificado a partir da Declaração de Den Bosch, em 1992: “A Agricultura Sustentável é o manejo e conservação dos recursos naturais e a orientação de mudanças tecnológicas e institucionais que assegurem a satisfação das necessidades humanas para a presente e as futuras gerações. É uma agricultura que conserva o solo, a água e os recursos genéticos animais, vegetais e micro-organismos, não degrada o meio ambiente; é tecnicamente apropriada, economicamente viável e socialmente aceitável”.

Os agroecossistemas do século XXI devem ser capazes de, ao mesmo tempo, maximizar a quantidade de produtos agrícolas de elevada qualidade e conservar os recursos do sistema. O

desenvolvimento agrícola sustentável depende da formulação de uma agenda que contemple os seguintes aspectos: a) conservação da biodiversidade e dos serviços ambientais; b) redução da poluição/contaminação do ambiente e do homem; c) conservação e melhoria da qualidade do solo e da água; d) manejo integrado de insetos-praga, doenças e plantas daninhas; e) valorização dos sistemas tradicionais de manejo dos recursos; f) redução da pressão antrópica na ocupação e uso de ecossistemas e ambientes frágeis; e g) adequação às novas exigências do mercado (BALBINO et al., 2011a).

A sustentabilidade do setor agropecuário deve estar diretamente relacionada com a evolução do sistema de produção, tal qual o Sistema Plantio Direto (SPD) e a Integração Lavoura-Pecuária (iLP). O SPD, devido às suas prerrogativas básicas, é mais importante para as regiões tropicais, graças aos seus efeitos na conservação do solo, entre outros. Já a iLP proporciona benefícios recíprocos à lavoura e à pecuária, reduzindo as causas da degradação física, química e biológica do solo, resultantes de cada uma das explorações (KLUTHCOUSKI e STONE, 2003). A introdução do componente florestal em sistemas de integração agropecuária gerou o conceito mais amplo de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), com

Abreviações: APP = áreas de preservação permanente; ARL = áreas de reserva legal; B/C = Relação Benefício-Custo; B-CPE = Benefício-Custo Periódico Equivalente; C = carbono; COS = carbono orgânico do solo; FAO = Food and Agriculture Organization of the United Nations; GEE = gases de efeito estufa; iLP = Integração Lavoura-Pecuária; iLPF = Integração Lavoura-Pecuária-Floresta; MAPA = Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; MDL = Mecanismo de Desenvolvimento Limpo; OMC = Organização Mundial do Comércio; PISA = Produção Integrada de Sistemas Agropecuários; PD&I = Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação; Programa ABC = Programa de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono; SAFs = Sistemas Agroflorestais; SNPA = Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária; SPD = Sistema Plantio Direto; TIR = Taxa Interna de Retorno; UA = unidade animal; URT = Unidade de Referência Tecnológica; VET = Valor Esperado da Terra; VPL = Valor Presente Líquido.

¹ Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Embrapa Cerrados, Planaltina, DF; email: luizcarlos.balbino@cpac.embrapa.br

² Engenheiro Agrônomo, D.S., Embrapa Cerrados, Planaltina, DF; email: luiz.cordeiro@embrapa.br

³ Engenheiro Agrônomo, D.S., Embrapa Cerrados, Planaltina, DF; email: priscila.oliveira@cpac.embrapa.br

⁴ Engenheiro Agrônomo, D.S., Embrapa Arroz e Feijão, Goiânia, GO; email: joaok@cnpaf.embrapa.br

⁵ Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Embrapa Cerrados, Planaltina, DF; email: paulo.galerani@embrapa.br

⁶ Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Embrapa Cerrados, Planaltina, DF; email: lvilela@cpac.embrapa.br

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE - BRASIL

Rua Alfredo Guedes, 1949 - Edifício Rác Center, sala 701 - Fone/Fax: (19) 3433-3254 - Website: www.ipni.org.br - E-mail: ipni@ipni.com.br
13416-901 Piracicaba-SP, Brasil

INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS

Publicação trimestral gratuita do International Plant Nutrition Institute (IPNI), Programa Brasil. O jornal publica artigos técnico-científicos elaborados pela comunidade científica nacional e internacional, visando o manejo responsável dos nutrientes das plantas.

COMISSÃO EDITORIAL

Editor

Luís Ignácio Prochnow

Editores Assistentes

Valter Casarin e Silvia Regina Stipp

Gerente de Distribuição

Evandro Luis Lavorenti

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE (IPNI)

Presidente do Conselho

Steve Wilson (CF Industries Holdings, Inc.)

Vice-Presidente do Conselho

Mhamed Ibnabdeljalil (OCP Group)

Tesoureiro

Jim Prokopanko (Mosaic Company)

Presidente

Terry L. Roberts

Vice-Presidente, Coordenador do Grupo da Ásia e África

Adrian M. Johnston

Vice-Presidente, Coordenadora do Grupo do

Oeste Europeu/Ásia Central e Oriente Médio

Svetlana Ivanova

Vice-Presidente Senior, Diretor de Pesquisa e

Coordenador do Grupo das Américas e Oceania

Paul E. Fixen

PROGRAMA BRASIL

Diretor

Luís Ignácio Prochnow

Diretores Adjuntos

Valter Casarin

Eros Francisco

Publicações

Silvia Regina Stipp

Analista de Sistemas e Assistente Administrativo

Evandro Luis Lavorenti

Assistente Administrativo

Renata Fiuza

ASSINATURAS

Assinaturas gratuitas são concedidas mediante aprovação prévia da diretoria. O cadastramento pode ser realizado no site do IPNI: www.ipni.org.br. Mudanças de endereço podem ser solicitadas por email para: rfiuza@ipni.net

Nº 138 JUNHO/2012

CONTEÚDO

Agricultura sustentável por meio da Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF)

Luiz Carlos Balbino, Luiz Adriano Maia Cordeiro, Priscila de Oliveira, João Kluthcouski, Paulo Roberto Galerani, Lourival Vilela 1

Monitoramento da fertilidade do solo com a técnica da amostragem em grade

Leandro M. Gimenez, Leandro Zancanaro 19

IPNI em Destaque 26

Divulgando a Pesquisa 28

Painel Agronômico 29

Cursos, Simpósios e outros Eventos 30

Publicações Recentes 31

Ponto de Vista 32

NOTA DOS EDITORES

Todos os artigos publicados no Informações Agronômicas estão disponíveis em formato pdf no website do IPNI Brasil: www.ipni.org.br

Opiniões e conclusões expressas pelos autores nos artigos não refletem necessariamente as mesmas do IPNI ou dos editores deste jornal.

FOTO DESTAQUE



Equipe do IPNI durante o III Simpósio Regional do IPNI sobre Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes, em Luís Eduardo Magalhães, BA. Da esquerda para direita: Silvia Stipp, Eros Francisco, Valter Casarin, Evandro Lavorenti, Renata Fiuza.

Esta publicação foi impressa e distribuída com o apoio financeiro parcial das seguintes instituições/empresas:

FERTILIZANTES HERINGER S.A.
YARA BRASIL FERTILIZANTES S.A.

inúmeras possibilidades de combinação espaço-temporal entre os componentes agrícola, pecuária e florestal, resultando em diferentes sistemas (silvipastoril, silviagrícola, agropastoril e agrossilvipastoril).

Porém, apesar deste contexto ser recente, os sistemas agrossilvipastoris são conhecidos na Europa desde a antiguidade, com vários tipos de plantios associados entre culturas anuais e culturas perenes ou entre frutíferas e árvores madeireiras. Vários escritores romanos do século I d.C. – entre eles Caio Plínio, que escreveu a enciclopédia intitulada História Natural (*Naturalis Historia*), composta de 37 livros, e Lucius Junius Moderatus, autor com maior repertório documentado sobre a agricultura romana – fazem referência a sistemas de integração entre árvores, como nogueiras e oliveiras, e pastagens (DUPRAZ e LIAGRE, 2008).

Outros autores do século XVI descrevem sistemas que integram árvores frutíferas com a produção pecuária. O uso desses sistemas, no entanto, quase desapareceu, em virtude, principalmente, da mecanização e da intensificação dos sistemas agrícolas, da dificuldade da colheita manual das frutas e de questões administrativas. De acordo com Gholz (1987), o desaparecimento desses sistemas nas regiões temperadas seguiu o desaparecimento da pequena agricultura familiar, quando lavouras, gado e árvores passaram a ter gestões separadas, para atender à agricultura, à pecuária e à silvicultura modernas.

Com o aumento da demanda por alimentos e a evolução tecnológica na produção, a atividade agrícola moderna passou a se caracterizar por sistemas padronizados e simplificados de monocultura. Além disso, com a expansão da fronteira agrícola e com o manejo mecanizado do solo e o uso de agroquímicos e da irrigação, as atividades agrícolas, pecuárias e florestais passaram a ser realizadas de maneira intensificada, independente e dissociada. Esse modelo da produção agropecuária predomina nas propriedades rurais em todo o mundo; entretanto, tem mostrado sinais de fragilidade, em virtude da elevada demanda por energia e por recursos naturais que o caracteriza.

Por exemplo, a degradação de pastagens tornou-se um dos principais sinais da baixa sustentabilidade da pecuária nas diferentes regiões brasileiras. O manejo inadequado do rebanho normalmente é considerado como a principal causa de sua degradação. Macedo e Zimmer (1993) definem degradação de pastagens como um processo evolutivo de perda do seu vigor, produtividade e capacidade de recuperação natural para sustentar os níveis de produção e qualidade exigida pelos animais. Entre os principais problemas da pecuária brasileira, Aidar e Kluthcouski (2003) alertam para a degradação das pastagens e dos solos, o manejo animal inadequado, a baixa reposição de nutrientes no solo, os impedimentos físicos dos solos e os baixos investimentos tecnológicos. Tais restrições trazem consequências negativas para a sustentabilidade da pecuária, tais como: baixa oferta de forragens, baixos índices zootécnicos e baixa produtividade de carne e leite por hectare, além de reduzido retorno econômico e ineficiência do sistema.

Estima-se que 80% das pastagens cultivadas no Brasil Central, responsáveis por mais de 55% da produção nacional de carne, encontram-se em algum estágio de degradação. Isso afeta diretamente a sustentabilidade da pecuária. Quando se considera apenas a engorda de bovinos, uma pastagem degradada pode ter a produção até seis vezes menor que uma pastagem recuperada ou em bom estado de manutenção (MACEDO et al., 2000).

Com relação à agricultura, segundo Macedo (2009), o monocultivo e as práticas culturais inadequadas têm causado perda de produtividade, ocorrência de pragas e doenças e degradação do solo e dos recursos naturais. Nas áreas de lavouras temporárias,

bem como em áreas de pastagens naturais e plantadas, predomina a monocultura e, na maioria dos casos, a utilização de boas práticas agrônômicas não é verificada de forma completa, o que resulta em degradação na qualidade dos solos e se reflete em baixa produtividade e elevada erosão (BALBINO, 2001; HERNANI et al., 2002).

Por sua vez, a associação do componente arbóreo às pastagens e às lavouras adquire importância, que tende a ser maior quando utilizada em regiões agropastoris com grande fragmentação e insulamento de remanescentes florestais naturais ou com pastagens degradadas (PORFÍRIO-DA-SILVA, 2006). Também Macedo (2000) alega que a integração de árvores em meio a lavouras e/ou pastagens se constitui em uma alternativa à produção intensiva de lavouras e pastagens em monoculturas, além de ser uma opção agroecológica que inclui em seus conceitos referenciais os principais elementos da sustentabilidade, ou seja, o econômico, o social e o ambiental.

Portanto, as diferentes modalidades e sistemas de iLPF podem contribuir significativamente para o estabelecimento de uma agricultura dentro dos preceitos da sustentabilidade, pois contorna e corrige os desequilíbrios impostos pelos sistemas simplificados de produção, cujo manejo de solos e culturas não prioriza adequadamente o conservacionismo.

O presente trabalho objetiva apresentar conceitos, modalidades e exemplos de sistemas de iLPF e de que forma esta estratégia de produção contribui para a consolidação da agricultura sustentável.

2. CONCEITO, HISTÓRICO E MODALIDADES DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

A integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) é definida como uma estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotação, e busca efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, contemplando a adequação ambiental, a valorização do homem e a viabilidade econômica da atividade agropecuária. Portanto, pode-se utilizar a iLPF para implantar um sistema agrícola sustentável com base nos princípios da rotação de culturas e do consórcio entre culturas de grãos, forrageiras e espécies arbóreas, para produzir, na mesma área, grãos, carne ou leite e produtos madeireiros e não madeireiros ao longo de todo ano. Desta forma, a iLPF, que tem como objetivo a intensificação do uso da terra, fundamenta-se na integração espacial e temporal dos componentes do sistema produtivo, para atingir patamares cada vez mais elevados de qualidade do produto, qualidade ambiental e competitividade (BALBINO et al., 2011a). Segundo esses autores, os sistemas de integração podem ser classificados em quatro modalidades distintas:

- Integração Lavoura-Pecuária (iLP) ou Sistema Agropastoril: sistema de produção que integra os componentes agrícola e pecuário em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área e no mesmo ano agrícola ou por múltiplos anos;
- Integração Pecuária-Floresta (iPF) ou Sistema Silvipastoril: sistema de produção que integra os componentes pecuário (pastagem e animal) e florestal, em consórcio;
- Integração Lavoura-Floresta (iLF) ou Sistema Silviagrícola: sistema de produção que integra os componentes florestal e agrícola pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas (anuais ou perenes) e,
- Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) ou Sistema Agrossilvipastoril: sistema de produção que integra os componentes agrícola, pecuário e florestal em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área.

Tais modalidades se assemelham com a classificação de Sistemas Agroflorestais (SAFs) em suas vertentes silvagrícola, silvipastoril e agrossilvipastoril (NAIR, 1991; MONTAGNINI et al., 1992; BANDY, 1994; DUBOIS, 2004). Existe, atualmente, na literatura, grande variedade de termos que são empregados para denominar e conceituar a prática de combinar espécies florestais com culturas agrícolas e/ou com a pecuária. A agrossilvicultura pode ser considerada como a ciência que estuda os SAFs, que, por sua vez, apresentam-se como um conjunto de técnicas alternativas de utilização dos recursos naturais nos quais espécies florestais são utilizadas em associação a cultivos agrícolas e/ou animais em uma mesma superfície (MACEDO et al., 2010). Também Daniel et al. (1999) destaca que muitos problemas com o uso equivocado da terminologia referente a SAFs tem sido encontrados na literatura, resultantes de falhas de tradução, especialmente da língua inglesa para a portuguesa, outros em função da inobservância da etimologia dos elementos formadores dos termos, e ainda aqueles que surgem de erros gramaticais. Os autores analisam a possibilidade de padronização da terminologia empregada em SAFs no Brasil, sugerindo que o termo “agroflorestais” (originado de *agroforestry*) é o ideal para abranger todos os sistemas de uso da terra agrossilvicultural, silvipastoril e agrossilvipastoril, pois envolve as relações entre cultivos agrícolas e/ou criação de animais e/ou atividades florestais. Contudo, Balbino et al. (2011a) ressalta que a iLPF é uma estratégia de produção que apresenta classificação mais abrangente, incluindo, além desses sistemas, o Sistema Agropastoril, ou seja, a iLP.

Há muitos anos, áreas de produção de arroz de terras baixas no Sul do Brasil são utilizadas em rotação com pastagens. No Bioma Cerrado, as primeiras pesquisas para compreender os sistemas de consórcio entre culturas anuais e forrageiras tiveram início no final dos anos 1970. As instituições ligadas ao Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA) pesquisam e recomendam sistemas agrossilvipastoris há muitos anos, pois nas décadas de 1980 e 1990 desenvolveram e aperfeiçoaram tecnologias para recuperação de pastagens degradadas (KLUTHCOUSKI et al., 1991; MACEDO, 1993) e pesquisas sobre sistemas silvipastoris (BAGGIO e SCHREINER, 1988; BAGGIO e CARPANEZZI, 1989; MONTOYA VILCAHUAMAN e BAGGIO, 1992; SCHREINER, 1994; MONTOYA VILCAHUAMAN et al., 1994; BAGGIO e PORFÍRIO-DA-SILVA, 1998), bem como sistemas de integração lavoura-pecuária (LUSTOSA, 1998; MORAES et al., 2002). Em 1986, iniciaram-se alguns trabalhos de pesquisa com sistemas de iLP na região central do país pela Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF, culminando na implantação, em 1990, de um experimento de longa duração, com objetivo de estudar diferentes sistemas de iLP, que continua sendo conduzido até o presente momento. Em 1991, foi lançado pela Embrapa Arroz e Feijão o Sistema Barreirão, que é composto por um conjunto de tecnologias e práticas de recuperação de áreas de pastagens em degradação, embasadas no consórcio arroz-pastagem (KLUTHCOUSKI et al., 1991).

Segundo Los (1993), a iLP no SPD é viável tanto para pecuária de corte como de leite e, para sua implantação, pode-se lançar mão de diversas possibilidades, sendo que seu limite fica na adequação da região, clima, solo e produtor. A seguir, algumas das possibilidades:

- Pecuária sazonal: aproveitamento da pastagem para o ciclo em questão, quando existem problemas de compactação pelo pisoteio, distribuição desuniforme de cobertura remanescente, locais de concentração de rastros e distribuição desuniforme de esterco. Para amenizar estes problemas, o manejo de gado deve ser seguido

com a retirada dos animais em dias de chuva, permanência restrita na área e retirada total com tempo hábil, para que a forragem se recupere e produza boa cobertura morta para o SPD.

- Pecuária contínua, seja para produção de carne ou de leite: esta modalidade é viável para explorações tecnificadas e de maior retorno econômico. Para evitar a sazonalidade, deve-se armazenar alimentos na forma de silagem ou feno utilizando gramíneas de inverno.

- Pecuária intercalada com agricultura: inversão do uso das glebas com agricultura e pecuária com várias vantagens, o que propicia a recuperação da estrutura física, da fertilidade química e do teor de matéria orgânica do solo em determinadas fases do sistema.

Los (1997) ressaltou que o objetivo principal da iLP é melhorar o aproveitamento dos bens de produção, mão de obra, máquinas, benfeitorias e solo, como também o produto oriundo da exploração. Para melhor entendimento, o autor enumera diferentes formas de integrar estes sistemas, visando a utilização de bovinos, ou bubalinos, para produção de carne e leite: a) introdução de forrageiras num sistema agrícola implementado com culturas anuais; b) introdução de cultivos agrícolas em áreas sob exploração pecuária; c) introdução de exploração pecuária em áreas agrícolas; d) abertura de áreas com implantação de pastagens para posterior introdução de agricultura; e) recuperação de solos agrícolas com introdução de pastagens; e f) implementação de culturas agrícolas para renovação de áreas ocupadas com pastagens.

No final dos anos 1990, surgiram propostas que envolviam o uso de sistemas de iLP com rotação lavoura-pastagem para produção de grãos, produção de forragem para a entressafra e acúmulo de palhada para o SPD. Em 2001, consolidou-se o Sistema Santa Fé, que se fundamenta na produção consorciada de culturas de grãos, especialmente milho, sorgo, milheto e arroz, com forrageiras tropicais, principalmente as do gênero *Brachiaria*, em áreas de lavoura com solo parcial ou totalmente corrigido. Os principais objetivos desse sistema são: produção de forragem para a entressafra, produção de palhada em quantidade e qualidade para o SPD (KLUTHCOUSKI e AIDAR, 2003; BORGHI e CRUSCIOL, 2007) e, obviamente, produção de grãos (Figura 1).

Um dos aspectos mais inovadores é a aplicação dos conceitos de iLP ao SPD. Embora haja muita discussão a respeito dos efeitos da entrada de animais em áreas de plantio direto (MORAES et al., 2002), observa-se forte crescimento na adoção da tecnologia de iLP em SPD, com particularidades em cada região. Outros exemplos foram estudados e difundidos na mesma época, como os sistemas silvipastoris.

A inclusão do componente arbóreo aos subsistemas lavouras e pastagens representa um avanço da iLP, evoluindo para o conceito de iLPF quando adota-se sua modalidade agrossilvipastoril (Figura 2). O componente agrícola pode restringir-se à fase inicial de implantação do componente florestal ou fazer parte do sistema por vários anos, sendo o componente pecuário o que permanece com o crescimento das árvores no estágio final da integração.

Atualmente, as ações de conservação do solo e da água fazem com que o ecossistema agrícola seja não apenas um provedor de alimentos e fibras para gerar, de modo sustentável, renda ao produtor e segurança alimentar, mas também um provedor de serviços ambientais. Há no Brasil práticas agrícolas que, caso se considerem todas as práticas conservacionistas, podem oferecer diversos serviços ambientais, como por exemplo: SPD contínuo na palha, sistema de iLP em Plantio Direto e iLPF em Plantio Direto (MACHADO et al., 2010). Portanto, a adoção de sistemas de produção sustentáveis que integram atividades agrícolas,



Figura 1. (A) Pastagem degradada; (B) milho consorciado com *Brachiaria brizantha* – Sistema Santa Fé – Tecnologia Embrapa de integração Lavoura-Pecuária; (C) pastagem reformada após colheita do milho consorciado com *B. brizantha*. Região do Cerrado, em Unai, MG.



Figura 2. (A) Colheita de soja em consórcio com eucalipto em sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), Embrapa Cerrados, Planaltina, DF; (B) início de pastejo após colheita de milho consorciado com *Brachiaria brizantha* em consórcio com eucalipto em sistema de iLPF, Fazenda Santa Brígida, Ipameri, GO; (C) pastagem reformada após colheita do milho consorciado com *B. brizantha* em consórcio com eucalipto em sistema de iLPF, Fazenda Santa Brígida, Ipameri, GO.

pecuárias e/ou florestais são as principais soluções tecnológicas para a agropecuária sustentável, uma vez que proporcionam muitos benefícios técnicos, econômicos, ambientais e sociais.

3. BENEFÍCIOS E CONTRIBUIÇÕES DOS SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA PARA A SUSTENTABILIDADE AGROPECUÁRIA

Na visão de Conway (1987), um agroecossistema sustentável compreende a busca de:

- Produtividade, que indica a obtenção da maior quantidade de produtos ou energia ou valor da produção por unidade de insumos/recursos aplicados à produção;
- Estabilidade, que se refere à constância da produtividade frente às flutuações normais do clima;
- Sustentabilidade, que está associada à habilidade do sistema para manter a produtividade quando sujeito às forças normais de flutuação do ambiente;
- Resiliência, que diz respeito à capacidade do sistema em reagir, em menor tempo, a determinado distúrbio (por exemplo, velocidade da retomada de crescimento das pastagens após estresse climático); e
- Invulnerabilidade, ou seja, quando a diversidade de produtos reduz o grau com que o sistema é vulnerável ao distúrbio.

Conforme explicam Balbino et al. (2011a), a integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) envolve sistemas produtivos diversificados (que contemplam a produção de alimentos, fibras, energia, produtos madeireiros e não madeireiros), de origem vegetal e animal, realizados para otimizar os ciclos biológicos das plantas e dos animais, bem como dos insumos e seus respectivos resíduos. Ainda, segundo estes autores, a iLPF pode contribuir para a recuperação de áreas degradadas, manutenção e reconstituição da

cobertura florestal, promoção e geração de emprego e renda, adoção de Boas Práticas Agropecuárias (BPA), melhoria das condições sociais, adequação da unidade produtiva à legislação ambiental (manutenção de Áreas de Preservação Permanente – APP – e de Áreas de Reserva Legal – ARL) e valorização de serviços ambientais oferecidos pelos agroecossistemas, tais como: a) conservação dos recursos hídricos e edáficos; b) abrigo para os agentes polinizadores e de controle natural de insetos-praga e doenças; c) fixação de carbono; d) redução da emissão de gases de efeito estufa; e) reciclagem de nutrientes; e f) biorremediação do solo.

A intensificação da produção observada em sistemas iLPF acarreta diversos benefícios ao produtor e ao meio ambiente, ou seja: a) melhora as condições físicas, químicas e biológicas do solo; b) aumenta a ciclagem e a eficiência na utilização dos nutrientes; c) reduz custos de produção da atividade agrícola e pecuária; d) diversifica e estabiliza a renda na propriedade rural; e) viabiliza a recuperação de áreas com pastagens degradadas (ALVARENGA et al., 2010b).

O desenvolvimento de agroecossistemas com características de ecossistemas naturais, tornando-os mais estáveis e diversificados, é, portanto, de grande relevância. A iLPF é uma estratégia promissora capaz de conciliar ecoeficiência com desenvolvimento socioeconômico, reunindo esforços entre setores público e privado (BALBINO et al., 2011a). Em síntese, a iLPF compatibiliza os itens anteriormente mencionados, aliando aumento da produtividade com conservação de recursos naturais.

3.1. Benefícios e contribuições tecnológicas

Os principais benefícios tecnológicos que podem ser obtidos com a adoção de sistemas de iLPF são enumerados por Balbino et al. (2011a): melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo devido ao aumento da matéria orgânica do solo; redução de

perdas de produtividade na ocorrência de veranicos, quando associado a práticas de correção da fertilidade do solo e ao SPD; minimização da ocorrência de doenças e plantas daninhas; aumento do bem-estar animal em decorrência do maior conforto térmico; maior eficiência na utilização de insumos e ampliação do balanço positivo de energia e possibilidade de aplicação em diversos sistemas e unidades de produção (grandes, médias e pequenas propriedades rurais). Além dessas vantagens, há maior eficiência na utilização de máquinas, equipamentos e mão de obra (KICHEL e MIRANDA, 2001).

A iLP é descrita como a diversificação, rotação, consorciação e/ou sucessão das atividades de agricultura e de pecuária dentro da propriedade rural, de forma harmônica, constituindo um mesmo sistema, de tal maneira que haja benefícios para ambas (VILELA et al. 2001; KLUTHCOUSKI e YOKOYAMA, 2003; ALVARENGA e NOCE, 2005). A iLP possibilita que o solo seja explorado economicamente durante todo o ano, favorecendo o aumento na oferta de grãos, de carne e de leite a um custo mais baixo, devido ao sinergismo entre lavoura e pastagem.

O aumento de produtividade dos componentes lavoura e animal em sistemas de iLP é resultante da interação de vários fatores e, muitas vezes, de difícil separação. Além da melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, a quebra de ciclos bióticos deletérios (pragas e doenças) contribui para aumentar a produtividade do sistema. A redução do uso de agroquímicos em razão da quebra dos ciclos de pragas, doenças e plantas daninhas é outro benefício potencial ao meio ambiente dos sistemas mistos, como a iLP (VILELA et al., 2008).

As fazendas que adotam a rotação lavoura-pasto na iLP como estratégia de produção agrícola na região do Cerrado podem se beneficiar da melhor estabilidade de produção de forragem para alimentar o rebanho durante o ano todo. No período das chuvas, as pastagens são mais produtivas, em virtude da melhoria da fertilidade do solo pelas lavouras. No período da seca, além da palhada e dos subprodutos de colheita, os pastos recém-estabelecidos permanecem verdes e com qualidade e quantidade para conferir ganhos de peso positivos, ao invés de perda de peso, comum neste período do ano, na maioria das fazendas do Cerrado (VILELA et al., 2011).

Dados de Vilela et al. (2008), citados na Tabela 1, evidenciam o benefício da pastagem no rendimento de grãos de soja depois de um ciclo de três anos de pasto de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, que foi 17% superior ao obtido no sistema de lavoura contínua. Ressalte-se, ainda, que esse maior rendimento de grãos foi obtido em área que recebeu menores quantidades de fertilizantes, em média 45% a menos, durante os 17 anos de cultivo, com consequente economia no uso de fertilizantes e redução nos custos de produção.

Tabela 1. Rendimento de soja em dois sistemas de cultivo (lavoura contínua-LC e rotação lavoura-pasto-lavoura-LPL) submetidos a dois sistemas de plantio em Latossolo Vermelho, textura argilosa. Planaltina, DF.

Safrá		N - P ₂ O ₅ - K ₂ O ¹	Sistema de plantio		Média ³
2004/2005 - 2006/2007	2007/2008 ²		Convencional	Direto	
----- (kg ha ⁻¹) -----					
Soja-sorgo-soja (LC)	Soja	308 - 1.487 - 1.391	3.079	3.044	3.061 b
<i>Brachiaria brizantha</i> ² (LPL)	Soja	85 - 853 - 813	3.540	3.603	3.571 a
Média			3.310 A	3.324 A	

¹ Total de corretivos e nutrientes aplicados por nível de fertilidade em 17 anos de cultivo.

² Na safra de 2007/2008 a adubação de plantio da soja foi de 485 kg ha⁻¹ da fórmula 0-20-20 + S + micronutrientes.

³ Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Fonte: Vilela et al. (2008).

Neste mesmo experimento, avaliou-se o desempenho animal em pastagem degradada e após o cultivo da soja (Figura 3), observando-se que, no período das chuvas, o ganho de peso foi de 683 kg ha⁻¹ de peso vivo.

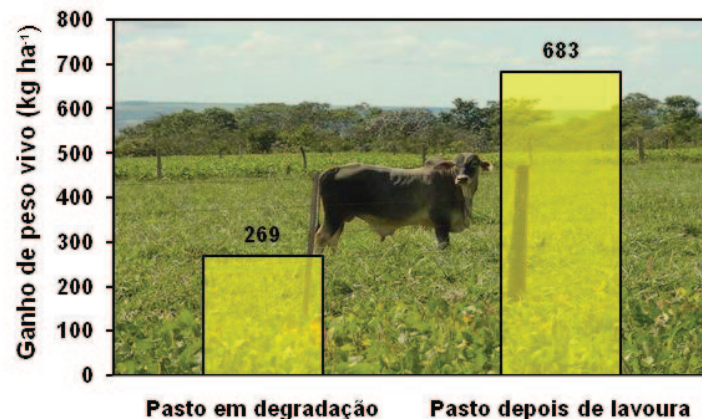


Figura 3. Ganho de peso vivo de bovinos em recria em duas pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, antes da semeadura da soja em 2007. Antes da semeadura do pasto a área foi cultivada com soja e milho nas safras de 1999 a 2003. Período de pastejo de 134 dias na estação das chuvas de 2006/07. Planaltina, DF.

Fonte: Vilela et al. (2008).

Estudo realizado em 1995 na região Centro-Sul do Paraná mostrou que o principal entrave para a adoção do sistema de iLP pode ser a compactação do solo, em virtude do pisoteio animal (MORAES et al., 2002). Pesquisas conduzidas no subtropico brasileiro indicam que, do ponto de vista das propriedades físicas do solo, não ocorre qualquer restrição para o desenvolvimento das culturas subsequentes, desde que não haja elevada intensidade de pastejo (CARVALHO et al., 2010b). Se a lotação das áreas de pastagem for moderada, em geral, ocorre leve adensamento do solo, o que não compromete o desenvolvimento vegetal, pois a porosidade não é afetada (MORAES e LUSTOSA, 1997; CASSOL, 2003; FLORES et al., 2007; CONTE et al., 2011). Quanto às propriedades químicas do solo, assim como observado no SPD, o pastejo pode causar melhoria na fertilidade do solo, em razão do acúmulo de matéria orgânica, da alteração na ciclagem de nutrientes (LANG, 2004; FLORES et al., 2008), da melhoria na eficiência do uso de fertilizantes e da capacidade diferenciada de absorção de nutrientes (LUSTOSA, 1998; CARVALHO et al., 2010a).

Para o componente pecuário, a iLP proporciona microclima favorável ao aumento do índice de conforto térmico com presença

dos animais na sombra das árvores, ao contrário da exposição à insolação direta ou às baixas temperaturas do inverno. Este benefício torna-se muito importante por produzir reflexos positivos sobre a produtividade e a reprodução animal (PORFÍRIO-DASILVA et al., 2001).

Conforme afirmam Nicodemo et al. (2004), os sistemas silvipastoris combinam espécies lenhosas (árvores, arbustos, palmeiras, entre outros) ao sistema de produção animal, em alguma forma de arranjo temporal ou espacial, sendo ferramentas importantes do desenvolvimento sustentável, já que combinam produção com a conservação dos recursos naturais. A implantação e o manejo de sistemas silvipastoris são mais complexos, comparados aos sistemas pecuários convencionais, mas, ainda assim, podem representar um significativo aporte de recursos, aumentando a resiliência dos sistemas de produção.

Entretanto, a presença das árvores gera uma alteração na produção forrageira em sistemas de iLPF. Oliveira et al. (2007) observaram que a forragem disponível de *Brachiaria brizantha* foi sempre maior na entrelinha do que na linha de plantio, independente do arranjo de plantio do eucalipto em sistema agrossilvipastoril.

3.2. Benefícios e contribuições econômicas e sociais

Destacam-se como benefícios econômicos e sociais da iLPF (BALBINO et al., 2011a): incremento da produção anual de alimentos a menor custo; aumento da produção anual de fibras, biocombustíveis e biomassa; aumento da competitividade das cadeias de produtos de origem vegetal e animal nos mercados nacional e internacional; aumento da produtividade e da qualidade do leite e redução da sazonalidade de produção; aumento da oferta de alimentos de qualidade; dinamização de vários setores da economia, principalmente no nível regional; melhoria da imagem da produção agropecuária e dos produtores brasileiros, pois concilia atividade produtiva e preservação do meio ambiente; aumento da competitividade do agronegócio brasileiro; maiores vantagens comparativas na inserção das questões ambientais nas discussões e negociações da Organização Mundial do Comércio (OMC); redução de riscos em razão de melhorias nas condições de produção e da diversificação de atividades comerciais; possibilidade de novos arranjos de uso da terra, com exploração das especialidades e habilidades dos diferentes atores, tais como arrendatários e proprietários; melhoria da qualidade de vida do produtor e da sua família; estímulo à participação da sociedade civil organizada; possibilidade de o sistema ser empregado por qualquer produtor rural, independentemente do porte da propriedade (pequena, média ou grande); fixação e ampliação da inserção social pela melhor distribuição de renda e maior geração de empregos no campo; aumento real da renda do produtor rural; redução do processo migratório e estímulo à qualificação profissional (BALBINO et al., 2011a).

Martha Júnior et al. (2011) estudaram a dimensão econômica de sistemas de iLP demonstrando que nos cenários testados os sistemas integrados foram competitivos com os sistemas especializados de pecuária, mas perderam em comparação com os sistemas especializados em soja. Igualmente, Macedo et al. (2001) demonstraram ganhos de eficiência agrônômica e econômica, por meio de aumentos de produtividade e diminuição de custos, em um sistema misto de integração lavoura-pecuária em experimento da Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande, MS. Outras demonstrações da viabilidade econômica de sistemas de iLP por meio de indicadores financeiros positivos podem ser encontradas nos estudos de Costa e Macedo (2001), Cobucci et al. (2007) e Muniz et al. (2007).

Macedo et al. (2010) enfatizam que para analisar a viabilidade econômica de projetos agroflorestais, ou seja, sistemas de iLPF, são usados os indicadores Valor Presente Líquido (VPL), Valor Esperado da Terra (VET), Benefício-Custo Periódico Equivalente (B-CPE), Taxa Interna de Retorno (TIR) e relação Benefício Custo (B/C). Segundo os autores, estudos sobre viabilidade econômica de sistemas agroflorestais ou sobre iLPF variados estão disponíveis na literatura, denotando-se a preocupação dos pesquisadores não só com a questão social e ecológica, mas também com relação à lucratividade. Destacam também que, embora exista aumento da demanda por alternativas de produção, ainda há desconhecimento por parte dos produtores rurais quanto a custos, produtividade e rentabilidade de plantios de árvores em sistemas agroflorestais ou de iLPF.

Mais especificamente, Cordeiro (2010) avaliou dois sistemas integrados de produção, silvipastoril e agrossilvipastoril, comparados ao monocultivo de produção florestal com eucalipto para produção de carvão em Minas Gerais. Os sistemas integrados foram viáveis economicamente, com destaque para a agregação de valor da madeira para serraria nos dois sistemas, quando comparados ao monocultivo para carvão vegetal. Em outra localidade, o mesmo autor avaliou os custos de produção e a receita obtida com a variação do espaçamento de eucalipto, em unidades de experimentação de iLPF. Neste caso, a receita do sistema integrado foi negativa, pois mesmo com a inserção da cultura de milho e da pecuária, o ganho em área não proporcionou o mesmo retorno financeiro obtido no monocultivo de eucalipto.

Conforme concluiu Rodigheri (1998), os indicadores econômicos dos cultivos florestais solteiros e/ou em sistemas agroflorestais apresentaram maiores rentabilidades do que as rotações anuais de feijão-milho e soja-trigo. Comparativamente aos cultivos anuais de feijão, milho, soja e trigo solteiros, os sistemas agroflorestais, além da maior rentabilidade econômica, viabilizam a produção simultânea de madeira e alimentos e aumentam o emprego e a renda nas propriedades rurais.

Resultados semelhantes foram apresentados por Dossa e Montoya Vilcahuaman (2001), os quais mostram que o componente florestal na propriedade rural é viável economicamente e que é tão competitivo quanto às atividades de grãos e pecuária. A integração entre grãos, animais e florestas propicia menores riscos de clima e de mercado no médio e longo prazo, tornando-se uma alternativa interessante para aumentar a renda das propriedades rurais.

Alguns estudos avaliaram a diminuição da erosão, a contribuição econômica (RIBEIRO et al., 2007), a viabilidade econômica (SOUZA et al., 2007) e a análise de investimento sob situação de risco (COELHO JÚNIOR et al., 2008) de um sistema agrossilvipastoril sequencial composto por clones de eucalipto estabelecido em consórcio com arroz no primeiro ano, seguido de soja no segundo ano. Após a colheita da soja iniciou-se a formação de pastagem de *B. brizantha*, sendo os anos consecutivos dedicados à produção de pecuária de corte, em Minas Gerais. Os resultados indicam, de maneira geral, baixo risco de investimento e alta viabilidade econômica do sistema, devido mais à atividade florestal e à pecuária do que aos cultivos anuais.

Considerando-se o mercado ilimitado e potencial, nacional e internacional, para a comercialização de madeira, o plantio de espécies arbóreas em pastagens aumentaria consideravelmente o retorno econômico em longo prazo e justificaria incentivos e subsídios de curto prazo que ajudariam a estabelecer pastagens melhoradas (Fernandes et al., 1993, citados por MACEDO et al., 2010).

Souza et al. (2007) ressaltam que em sistemas integrados agroflorestais para diversos ciclos compostos por eucalipto, culturas anuais e pecuária, a idade ótima de corte do componente florestal foi aos 8 anos para o sítio menos produtivo e aos 6 anos para o sítio mais produtivo. Os sítios mais produtivos proporcionaram maior lucro e menos tempo de imobilização do capital. Neste trabalho, houve aumento significativo na viabilidade econômica do sistema agroflorestal à medida que se agregou valor aos produtos. O sistema começou a ser viável economicamente a partir do uso de, pelo menos, 16% da madeira para serraria.

Nicodemos et al. (2004) citam vários autores que avaliaram a viabilidade econômica de sistemas silvipastoris, e exemplificam que, no caso de pecuaristas que queiram implantar sistemas silvipastoris, pode-se estimar que pastagens com 200 árvores por hectare, manejadas para produzir madeira para serraria, poderiam adicionar cerca de R\$ 300,00 ha⁻¹ ano⁻¹. A lucratividade de sistemas silvipastoris tem sido demonstrada em vários trabalhos que comparam monocultura de floresta, monocultura de pastagens e sistema silvipastoril com 250 e 416 árvores por hectare. Esse sistema apresentou as melhores Taxas Internas de Retorno do investimento efetuado, superando a renda líquida obtida nas monoculturas.

Áreas consideradas impróprias para agricultura ou pastagem em estágio inicial de degradação podem ser utilizadas e recuperadas por meio de sistemas silvipastoris. Na região Amazônica, por exemplo, a combinação de cultura de milho, paricá (*Schizolobium amazonicum*) e *B. brizantha* para a recuperação de pastagens degradadas foi considerada viável, e a produção de milho nos três anos iniciais de estabelecimento do sistema reduziu os custos totais em 70%, conforme Marques (1990), citado por Nicodemo et al. (2004).

3.3. Benefícios e contribuições ecológicas e ambientais

Como principais benefícios ecológicos e ambientais, Balbino et al. (2011a) apresentam: redução da pressão para a abertura de novas áreas; melhoria na utilização dos recursos naturais pela complementaridade e sinergia entre os componentes vegetais e animais; diminuição no uso de agroquímicos para controle de insetos-praga, doenças e plantas daninhas; redução dos riscos de erosão; melhoria da recarga e da qualidade da água; mitigação do efeito estufa, resultante da maior capacidade de sequestro de carbono; menor emissão de metano por quilograma de carne produzido; promoção da biodiversidade e favorecimento de novos nichos e habitats para os agentes polinizadores das culturas e inimigos naturais de insetos-praga e doenças; intensificação da ciclagem de nutrientes; aumento da capacidade de biorremediação do solo; reconstituição do paisagismo, possibilitando atividades de agroturismo, e melhoria da imagem pública dos agricultores perante a sociedade, atrelada à conscientização ambiental.

Os sistemas de iLPF potencializam a melhor dinâmica hídrica, principalmente com a inserção do componente florestal, pois ocorre melhoria na distribuição de vapor de água, estabilização da temperatura e da umidade relativa do ar e proteção da superfície do solo, sendo considerados como ferramentas eficientes de combate ao aquecimento global e às mudanças climáticas. Os componentes arbóreos atuam não somente como estabilizadores térmicos e formadores de nuvens interceptadoras de radiação solar, mas, com seus resíduos vegetais sobre o solo, também atuam como interceptadores e armazenadores de águas pluviais (PRIMAVESI, 2007).

A integração de árvores e cultivos agrícolas pode resultar em utilização mais eficiente de água, nutriente e radiação solar,

comparada à obtida em monocultivos florestais e agrícolas. Uma das razões biológicas de interesse pela adoção de sistemas integrados é a de que as árvores aproveitam porções da biosfera que as plantas agrícolas ou os animais geralmente não utilizam, o que resulta em maior produção de biomassa total (MACEDO et al., 2010).

Além de buscar atender às várias necessidades dos produtores rurais (alimento, madeira, lenha, forragem, plantas medicinais e fibras), o sistema silvipastoril pode auxiliar na conservação dos solos, recuperação de microbacias, recomposição ordenada de áreas florestais e manutenção da biodiversidade, entre outros (NICODEMO et al., 2004).

As principais estratégias para redução da emissão dos gases de efeito estufa (GEE) consistem na redução da queima de combustíveis fósseis, minimização de desmatamento e queimadas, manejo adequado do solo e maximização do sequestro de carbono (C) no solo. No contexto das duas últimas estratégias, o manejo do solo, com uso de práticas conservacionistas, é indiscutível para sua otimização (CARVALHO et al., 2008).

Segundo Carvalho et al. (2010a), a iLP vem exibindo considerável potencial de acúmulo de C no solo. Esses autores apresentam resultados de trabalhos na região do Cerrado com incremento nos estoques de C do solo em sistemas de iLP sob SPD, quando comparados aos de áreas sob SPD sem a presença de forrageira na rotação ou sucessão de cultivos. O potencial de sequestro de C do SPD no Brasil já havia sido comprovado, por exemplo, pelo trabalho de Bayer et al. (2006).

A elevação dos níveis de matéria orgânica do solo e a melhoria da qualidade física do solo, obtidas com a introdução das pastagens em áreas agrícolas com níveis adequados de fertilidade, demonstram que a iLP tem potencial para reduzir o impacto ambiental das atividades produtivas reduzindo as emissões de gases de efeito estufa (GEE), dando maior estabilidade à produção das culturas anuais e melhorando o aproveitamento da água e dos nutrientes (FRANCHINI et al., 2010b).

Salton (2005), avaliando as taxas de acúmulo de C em diferentes sistemas de uso e manejo do solo no Cerrado, observou que os maiores estoques de C estão relacionados com a presença de forrageiras, resultando na seguinte ordem decrescente de estoques de C no solo: pastagem permanente > iLP sob SPD > lavoura em SPD > lavoura em cultivo convencional. Esse autor observou que as taxas de acúmulo de C no solo nas áreas de iLP sob SPD, em relação às lavouras sob SPD, foram de 0,60 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e 0,43 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, para estudos na região de Dourados e Maracaju, MS. Resultados de Carvalho et al. (2009), na região do Cerrado, indicam que a taxa de acúmulo de C na conversão do SPD para iLP sob SPD pode ser muito maior, variando de 0,8 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ a 2,8 Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Leite et al. (2008) utilizaram o simulador computacional CQESTR para estimar estoques de carbono orgânico do solo (COS) em experimento de longa duração com SPD e iLP. Observaram variação de 34 Mg ha⁻¹, no solo sob SPD com rotação soja-milho e plantio convencional com arroz, a 36 Mg ha⁻¹, no solo sob iLP, com rotação a cada 4 e 2 anos, o que significou redução de 26% e 22%, respectivamente, em relação ao estoque original sob floresta nativa. Posteriormente, os sistemas com iLP em SPD passaram a aumentar os estoques de COS e alcançaram valores entre 49 Mg ha⁻¹ e 57 Mg ha⁻¹. Esses resultados realçam a importância da iLP associada ao SPD na melhoria da qualidade do solo e para o sequestro de carbono. Adicionalmente, observou-se que a iLP, com rotação a cada 4 e 2 anos, sequestrou 0,4 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e 0,34 Mg

ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Os demais sistemas, sem a presença da iLP, emitiram carbono para atmosfera (0,09 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e 0,30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹).

Dado o papel reconhecido das árvores no sequestro de C e na mitigação das emissões de GEE, os sistemas de iLPF que contemplam o componente arbóreo apresentam uma importante contribuição para o balanço de emissões de GEE. Nair et al. (2011) relatam um sistema de iLPF na região do Cerrado constituído por eucalipto em combinação com as culturas de arroz e soja nos primeiros dois anos, seguidos de pastagens de braquiária pastejada com gado de corte a partir do terceiro ano do estabelecimento da plantação. Estes estudos indicam que os sistemas agrossilvipastoris armazenam maior quantidade de C em relação ao monocultivo florestal ou forrageiro, tanto na superfície como em subsuperfície.

De acordo com os resultados de trabalho realizado por Franchini et al. (2010a) na região de transição entre Cerrado e floresta tropical Amazônica, a utilização de sistemas de iLP que contemplem o emprego de pastagens perenes em áreas agrícolas, associada ao SPD, tem potencial para mitigar o impacto ambiental das atividades agropecuárias por meio do sequestro de até 29,8 Mg ha⁻¹ de CO₂ nos dois primeiros anos de adoção dos sistemas. A maior parte do CO₂ sequestrado é proveniente do carbono acumulado nas raízes das forrageiras tropicais que podem produzir em torno de 10 Mg ha⁻¹ de biomassa seca.

Maia et al. (2006) recomendam o sistema silvipastoril para a manutenção da qualidade do solo e produção de alimentos na região do semiárido cearense. Outro trabalho realizado por Oliveira et al. (2008), objetivando estimar a produção de madeira, o estoque de carbono e a rentabilidade econômica, incluindo a venda de créditos de carbono de sistemas silvipastoris com *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii* em consórcio com pastagens, permitiu concluir que as árvores propiciaram retorno econômico em todos os sistemas testados, com rentabilidade a partir do desbaste aos 7 anos de idade. A venda de créditos de carbono torna o componente florestal ainda mais atrativo, em decorrência, principalmente, da receita auferida desde o início do projeto.

De acordo com Müller et al. (2009), com a criação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), foi gerado um amplo debate sobre o potencial da silvicultura e da agrossilvicultura como atividades elegíveis para sequestro de C. Esses autores estudaram o estoque de C em um sistema silvipastoril misto com *E. grandis* e *Acacia mangium* e observaram, para o eucalipto, um acúmulo total de 24,8 Mg ha⁻¹ de biomassa e 11,17 Mg ha⁻¹ de C; para a acácia, um total de 6,94 Mg ha⁻¹ e 3,12 Mg ha⁻¹ de C, totalizando 31,74 Mg ha⁻¹ de biomassa e 14,29 Mg ha⁻¹ de C. Para o componente pastagem (*Brachiaria decumbens*), foi estimado um acúmulo de 1,28 Mg ha⁻¹ de biomassa e 0,58 Mg ha⁻¹ de C somente no resíduo de pastejo.

Tsukamoto Filho (2003) observou que a quantidade de C fixado pelo eucalipto no sistema agrossilvipastoril variou de 3,80 Mg ha⁻¹ a 80,67 Mg ha⁻¹ do 1º ao 11º ano, devendo ser ressaltado que na idade de rotação técnica (em torno de 5 anos) de volume de madeira, o total fixado foi de 52,82 Mg ha⁻¹ de C, e na idade de rotação econômica (época de venda de madeira), o total fixado foi de 59,25 Mg ha⁻¹ de C. Em termos de CO₂, os números foram de 193,33 Mg ha⁻¹, sequestrados na rotação técnica, e de 216,84 Mg ha⁻¹, sequestrados na rotação econômica. Portanto, o sistema iLPF foi considerado o mais indicado para projetos de fixação de C, pois o eucalipto, na idade de 5 anos, nesse sistema, fixou maior quantidade de C do que nos espaçamentos tradicionais.

As culturas agrícolas e a pastagem provocaram a antecipação da rotação técnica de C no sistema iLPF. Esse sistema apresentou maior fixação de C, comparado ao monocultivo de eucalipto plantado nos espaçamentos 3 m x 2 m e 3 m x 3 m, aos monocultivos de arroz e de soja e à pastagem, sendo uma ótima opção para projetos de MDL no Brasil.

A atividade pecuária conduzida em sistemas de iLPF pode ter um saldo de emissões de GEE nulo ou até negativo. Os impactos na melhoria no manejo alimentar de sistemas de produção de gado de corte, na fase de cria em regime de pastagens, foram estudados por Barioni et al. (2007) por meio de simulações, considerando crescimento linear, por duas décadas, dos coeficientes técnicos da pecuária brasileira em resposta à elevação da taxa de nascimento de 55% para 68%, redução na idade de abate de 36 meses para 28 meses e redução na taxa de mortalidade de 7% para 4,5%. Nesse novo cenário, seria possível manter praticamente estáveis as emissões de metano ao mesmo tempo em que a produção de carne seria aumentada em mais de 25%.

A crescente restrição à exploração madeireira de florestas naturais propicia redução no fornecimento de matéria-prima para a indústria madeireira [madeira serrada, laminação, faqueado, produtos de madeira de maior valor agregado (PMVA), piso, porta, janela, moldura, ferramentas, painel colado lateralmente, entre outros], o que pode provocar aumento de preços dos produtos manufaturados. Tanto móveis de painéis reconstituídos como de madeira serrada, como PMVAs, são produtos essencialmente imobilizadores de carbono. Os sistemas de iLPF poderão corroborar para menor pressão e regularização da oferta de produtos madeiráveis, ao mesmo tempo em que promovem a adequação ambiental da pecuária nacional ao constituir sistemas de produção capazes de neutralizar a emissão de metano pelo rebanho de ruminantes. O potencial de mitigação de GEEs em sistemas intensivos com árvores de rápido crescimento (> 2, 2 cm de diâmetro ao ano) no Brasil é de aproximadamente 5,0 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de C_{eq} (média para 11 anos) fixado na madeira (tronco) das árvores, conforme dados de Tsukamoto Filho (2003). Isso equivale à neutralização por ano da emissão de 13 bovinos adultos (450 kg PV).

A Figura 4 ilustra a evolução de um sistema iLPF intensivo com 250 árvores ha⁻¹ no Bioma Cerrado. Os sistemas iLPF que contemplam os componentes madeireiro e pecuário, além da produzir madeiras e mitigar emissões de GEE, atendem à necessidade de ambiência animal, ao proporcionar proteção contra estresse térmico, promovem a biodiversidade em sistemas produtivos e incrementam o uso eficiente da terra, com agregação de valor e renda para as áreas de pastagens (LEITE et al., 2010).

Outros estudos também apontam para a probabilidade do efeito interativo entre o potencial de sequestro de C (pelos elevados acúmulos de biomassa forrageira, biomassa florestal, matéria orgânica do solo e maior eficiência de fertilizantes) e a capacidade desses sistemas compensarem as emissões de metano oriundas da fermentação entérica de bovinos (CARVALHO et al., 2001; TSUKAMOTO FILHO, 2003; CERRI et al., 2006; JANTALIA et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2007; SEGNINI et al., 2007; PRIMAVESI et al., 2007; FISHER et al., 2007; CARVALHO et al., 2008; MACEDO, 2009; CARVALHO et al., 2010a).

Em estudo conduzido por Almeida et al. (2011) em Campo Grande, MS, foram avaliados dois sistemas de iLPF com capim-piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) e eucalipto (*Eucalyptus urograndis*), em densidades de 227 árvores ha⁻¹ e 357 árvores ha⁻¹. Os sistemas foram implantados em 2008

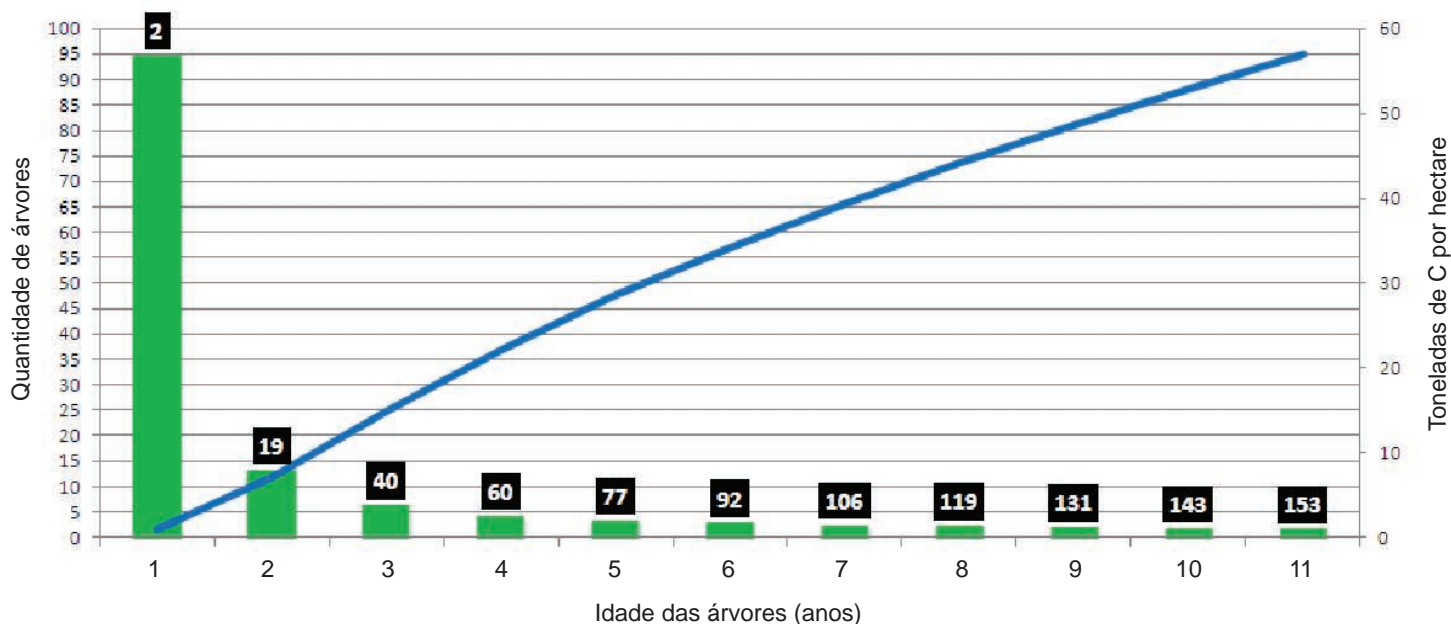


Figura 4. Compensação da emissão de CH₄ pelo gado em um sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta com 250 árvores ha⁻¹. Barra verde = árvores necessárias para compensar a emissão de CH₄ por 1 bovino; linha azul = C fixado em ton Ceq na madeira em 250 árvores ha⁻¹. Os números acima das colunas indicam o número de bovinos que teriam suas emissões compensadas em cada hectare arborizado com 250 árvores ha⁻¹ nas diferentes idades das árvores.

Fonte: Elaborado por Porfírio-da-Silva com base nos dados de Tsukamoto Filho (2003), citado por Leite et al. (2010).

como estratégia para recuperação de pastagens de braquiária. Após 16 meses da implantação das árvores, quando as mesmas atingiram o porte adequado para a entrada de animais em pastejo, foi mensurada a biomassa de cada componente de uma árvore por parcela. Observou-se que não houve diferença entre as densidades de árvores para cada componente, obtendo-se valores médios de massa seca por árvore de: 5,20 kg de folhas, 3,59 kg de galhos, 8,80 kg de tronco e 5,22 kg de raízes, em um volume de solo de 2 m³. Considerando-se apenas a biomassa do tronco (38,6% da massa seca total) e as emissões de CH₄ e de N₂O, os sistemas de iLPF com densidades de 227 e 357 árvores ha⁻¹ foram capazes de compensar as emissões de gases de efeito estufa equivalentes a 1,84 e 3,04 animal ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente (Tabela 2), sendo que estes sistemas suportaram uma taxa de lotação média de 1,76 UA ha⁻¹ após um ano da avaliação das árvores.

4. ARRANJOS REGIONAIS E ESTUDOS DE CASO DE SISTEMAS INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

O potencial de adoção de sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) em diferentes ecossistemas brasileiros está condicionado a diversos fatores, de acordo com Vilela et al.

(2001) e Dias-Filho (2007), que incluem: disponibilidade de solos favoráveis, infraestrutura para produção e armazenamento da produção, recursos financeiros próprios ou acesso a crédito, domínio da tecnologia para produção de grãos e pecuária, acesso a mercado para compra de insumos e comercialização da produção, acesso a assistência técnica e possibilidade de arrendamento da terra ou de parceria com produtores tradicionais de grãos.

Os sistemas de iLPF devem ser planejados, levando-se em conta os diferentes aspectos socioeconômicos e ambientais das unidades de produção. Evidentemente, a forma e a intensidade de adoção do conjunto de tecnologias que compõem a iLPF dependerão, entre outros fatores, dos objetivos e da infraestrutura disponível de cada produtor. O pecuarista, por exemplo, pode utilizar o consórcio ou a rotação de culturas graníferas com forrageiras para a implantação de pastagens ou para sua recuperação, no caso de estarem degradadas. Pode-se também implantar o sistema silvipastoril, visando a exploração de produtos madeireiros e não madeireiros, além dos produtos da pecuária. O agricultor também pode utilizar o consórcio ou a rotação de culturas graníferas com forrageiras para produzir cobertura morta de qualidade e em grande quantidade para o sistema plantio direto (SPD) da safra seguinte. O produtor que desejar as atividades integradas pode utilizar a iLPF para implantação de um sistema agrícola sustentável, com uso dos

Tabela 2. Estimativas de mitigação da emissão de gases de efeito estufa (GEE) em sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta com duas densidades de árvores de eucalipto, após 16 meses da implantação das árvores. Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS.

Sistema de iLPF	Sequestro ¹			Mitigação (animal ha ⁻¹) ²
	C (kg árvore ⁻¹)	C (t ha ⁻¹)	CO ₂ eq. (t ha ⁻¹)	
Com 357 árvores ha ⁻¹	4,3	1,5	5,5	3,04
Com 227 árvores ha ⁻¹	4,1	0,9	3,4	1,84

¹ Considerando-se somente o tronco (38,6% da massa seca total).

² Considerando-se as emissões de CH₄ e de N₂O.

Fonte: Almeida et al. (2011).

princípios da rotação de culturas e do consórcio entre graníferas, forrageiras e espécies arbóreas, de forma a produzir, na mesma propriedade, grãos, carne ou leite e produtos madeireiros e não-madeireiros durante todo ano (BALBINO et al., 2011a).

A adoção de arranjos de iLPF mais complexos, como por exemplo, sistemas agrossilvipastoris, potencialmente, proporcionam maior rentabilidade pela ampla diversificação cultural e pelo sinergismo entre as diferentes atividades. A iLPF pode ser facilitada pela adequada distribuição espacial das árvores no terreno, visando práticas de conservação do solo e água, favorecimento do trânsito de máquinas e a observância de aspectos comportamentais dos animais. Para tanto, o arranjo espacial mais simples e eficaz é o de “aléias” (ou renques), em que as árvores são plantadas em faixas (linhas simples ou múltiplas), com espaçamentos amplos. Os produtores que desejam privilegiar a produção de madeira podem utilizar aléias mais estreitas ou maior número de linhas em cada faixa (maior número de árvores por hectare); enquanto os que preferem a atividade agrícola e/ou pecuária podem utilizar espaçamentos maiores, ou seja, aléias mais largas (menos linhas em cada faixa) (SHARROW, 1998; PORFÍRIO-DA-SILVA, 2006, 2007; PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2008).

4.1. Arranjos regionais de sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta em diferentes biomas

A estratégia de iLPF, nas suas diferentes modalidades, está sendo adotada em diferentes níveis de intensidade nos biomas brasileiros, e pode ser estimada em 1,6 milhões de hectares. De modo geral, a utilização de sistemas de integração ainda é incipiente na maioria das regiões brasileiras, embora no Centro-Oeste e no Sul exista um número significativo de propriedades rurais que empregam a iLP. Contudo, a taxa de aceitação e adoção pelos proprietários rurais, principalmente nos últimos cinco anos, tem evidenciado que essa estratégia irá proporcionar avanços na agricultura nacional (BALBINO et al., 2011a).

Ribaski et al. (2005) observaram tendências positivas para a viabilização do uso de sistemas silvipastoris na região do Pampa gaúcho com árvores de *Eucalyptus grandis* e de *Pinus elliottii*. Estes autores observaram efeitos positivos desses sistemas na conservação dos solos e na proteção contra a erosão. De acordo com Radomski e Ribaski (2009), o Paraná é o estado que apresenta o mais antigo histórico de experiências com sistemas silvipastoris, sendo que estes já foram incorporados aos sistemas produtivos locais, particularmente em propriedades com pecuária de corte.

A grevilea (*Grevillea* sp.) e as espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* compõem a maior parte das espécies florestais identificadas nesses sistemas. Também foram observadas associações de eucalipto e grevilea com espécies nativas, como a canafistula, a gurucaia, a guabiroba, a aroeira e o ipê-amarelo. Diversos estudos (FONTANELI e SANTOS, 2003; BORTOLINI et al., 2005; BARTMEYER, 2006; GONÇALVES e FRANCHINI, 2007; FONTANELI et al., 2009) indicam o uso de sistemas de iLP para a região centro-sul do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul com aveia-preta e azevém, em cultivo solteiro ou consorciado com ervilhaca ou trevos, para produção de forragem após as culturas de verão, ou, então, o cultivo de culturas de inverno de duplo propósito, tais como trigo, aveia-branca, triticale, centeio e cevada, para produção de forragem no outono-inverno e produção de grãos no final do inverno e no início da primavera.

No Paraná, pesquisas realizadas em parceria entre cooperativas, universidades, institutos e fundações de pesquisa, con-

duzidas desde 1995, permitiram definir um sistema de iLP usado na fase de terminação de animais. A adoção dessa tecnologia permitiu a formação de pequenas cooperativas envolvidas na cadeia da carne bovina, em caráter regional. A iLP com produção de leite também foi avaliada nesse estado, e os resultados dessa pesquisa foram disponibilizados em publicação de fácil acesso aos produtores envolvidos na cadeia do leite (MORAES et al., 2008).

Desde a região norte do Paraná até o Cerrado, podem ser utilizados os Sistemas Barreirão e Santa Fé, bem como sistemas mistos, ou seja, consórcios de grãos com forrageiras tropicais (braquiária, *Panicum*, *Andropogon* e leguminosas forrageiras), além de milho, aveia e sorgo (CRUSCIOL et al., 2011), para produção de forragem no período seco e semeadura no final da estação chuvosa (GONÇALVES e FRANCHINI, 2007).

Segundo Vilela et al. (2011), no Bioma Cerrado, vários sistemas de iLP são modulados de acordo com o perfil e os objetivos da fazenda. As diferenças nos sistemas podem ser atribuídas às peculiaridades regionais e da propriedade, como condições de clima e de solo, infraestrutura, experiência do produtor e tecnologia disponível. Três modalidades de integração se destacam: fazendas de pecuária, nas quais culturas de grãos, geralmente arroz, soja, milho e/ou sorgo, são introduzidas em áreas de pastagens para recuperar a produtividade dos pastos; fazendas especializadas em lavouras de grãos, que utilizam gramíneas forrageiras para melhorar a cobertura de solo em SPD, e, na entressafra, para uso da forragem na alimentação de bovinos (“safrinha de boi”); e fazendas que sistematicamente adotam a rotação pasto-lavoura para intensificar o uso da terra e se beneficiar do sinergismo entre as duas atividades. Esses sistemas podem ser praticados por parcerias entre lavoureiros e pecuaristas.

Na região central de Minas Gerais, ainda no Bioma Cerrado, arranjos de iLPF são formados por consórcios de eucalipto com culturas anuais nos dois primeiros anos – principalmente arroz e soja ou, em alguns casos, sorgo e milho –, com pastagem de capim braquiária a partir do terceiro ano, de forma agregada com pecuária de corte ou de leite nos anos consecutivos. No ano de implantação do sistema de iLPF, com a presença do componente arbóreo, a lavoura deve ser priorizada, pois a colheita dessa primeira safra contribuirá para a redução do custo de sua implantação (KRUSCHEWSKY et al., 2007; RIBEIRO et al., 2007; SOUZA et al., 2007; COELHO JÚNIOR et al., 2008). Alvarenga et al. (2010a) ressaltam que na região Central de Minas Gerais os sistemas de iLPF são geralmente formados pelos consórcios de eucalipto, pastagem de capim braquiária e milho para silagem ou grão. A safra de milho no ano de implantação do sistema é a que apresenta maior possibilidade de retorno econômico, pois no início de desenvolvimento do eucalipto este compete menos com a lavoura por nutrientes, água e luminosidade. Sendo assim, a lavoura deve ser priorizada e a colheita desta primeira safra é fundamental para abater o custo de implantação do sistema de iLPF. Recomenda-se o plantio do eucalipto no início do período seco do ano, pois as mudas de eucalipto plantadas em abril/maio, com dez meses de idade, mostraram um crescimento 300% superior ao apresentado pelas mudas plantadas em novembro do mesmo ano.

Segundo Franchini et al. (2010a), a perspectiva para a iLP na Bacia do Rio Xingu é extremamente favorável. Nessa região, composta originalmente de 15% de Cerrado, 70% de matas de transição e 10% de florestas tropicais, ocorrem áreas extensas de pastagens em degradação, com possibilidade de recuperação por meio da utilização de sistemas de integração com as culturas de soja, milho, sorgo e arroz. Na Amazônia, a abertura de áreas para

a formação de pastagens é relativamente recente e ocorreu a partir da construção da Rodovia Belém-Brasília, na década de 1960. Essas pastagens se degradaram rapidamente por falta de tecnologia apropriada para sua sustentabilidade. A recuperação das áreas de pastagens de baixa produtividade com plantio de milho configura experiência inicial de implantação da iLPF. Outra iniciativa é o plantio de seringueira com pastagem em sub-bosque, o que ocorre em algumas propriedades, com a expectativa de que a recuperação dessas áreas e a manutenção da sua sustentabilidade diminuísse a pressão para abertura de novas áreas na região. Sistemas de iLPF em escala experimental são adotados em algumas fazendas, com povoamento florestal e agricultura de grãos no primeiro e no segundo ano e com pasto nos anos seguintes.

Nesse bioma, a iLPF permite incorporar tecnologias importantes, como o Sistema Bragantino, que visa o cultivo contínuo de diversas culturas, em rotação e consórcio, com a prática do SPD, o que permite aumentar a produtividade das culturas, a oferta de mão de obra na região durante todo o ano e a renda e a qualidade de vida do produtor rural, dentro dos padrões de sustentabilidade (CRAVO et al., 2005).

Em muitas propriedades rurais amazônicas, a iLPF vem sendo adotada com algum êxito, com uso de diversas espécies forrageiras e arbóreas nativas e exóticas. As principais limitações tecnológicas observadas nesse sistema são: falta de persistência da pastagem sob as árvores, danos às árvores provocados pelos animais e redução do crescimento das árvores (VEIGA et al., 2000). Outras barreiras para a adoção desse sistema, nessa região, incluem: elevado investimento e baixo retorno econômico inicial, falta de infraestrutura e mão de obra especializada, complexidade do sistema e desconhecimento dos seus benefícios (DIAS-FILHO e FERREIRA, 2008).

Apesar desses entraves, a recuperação de pastagens degradadas no Pará, por meio da iLPF, é adotada por pecuaristas pioneiros e, em geral, avançados tecnicamente, ou por produtores que vislumbram, na integração, a possibilidade de aumentar o retorno econômico de sua atividade (FERNANDES et al., 2008).

Experiências com sistemas de iLPF realizadas nos estados do Amazonas, Acre, Amapá, Pará, Rondônia e Roraima, pela Embrapa e por parceiros, apresentam os primeiros resultados promissores, principalmente pela amortização de seus custos de implantação, quando destinados à recuperação de áreas alteradas. Os arranjos de sistemas de iLPF que têm sido trabalhados na Amazônia integram, principalmente, os seguintes componentes: florestal, com mogno-africano (*Khaya ivorensis*), teca (*Tectona grandis* L.), eucalipto (*Eucalyptus urophylla*) e paricá (*Schizolobium amazonicum*); agrícola, com milho e feijão-caupi; e forragem, com *Brachiaria ruziziensis* (GODINHO et al., 2010).

A estratégia de adoção de iLPF apresenta-se como alternativa de melhor convivência com as condições climáticas da Caatinga. Em virtude das limitações climáticas do bioma, a possibilidade de emprego do sistema de iLP apresenta restrições e, portanto, é mais adequada na região do agreste, que apresenta índices pluviométricos melhores e mais regulares (BALBINO et al., 2011b).

Atualmente, sistemas agrossilvipastoris são mais utilizados e de maior aplicabilidade nas regiões semiáridas. Esses sistemas são indicados para a região como resposta às pressões por produção de alimentos, tanto para a população humana quanto para os rebanhos bovinos, caprinos e ovinos. Os sistemas agrossilvipastoris, para caprinos (ARAÚJO FILHO et al., 2006), e os sistemas agropastoris, para o Agreste e o Sertão (SÁ e SÁ,

2006), vêm sendo difundidos como alternativas sustentáveis para o Semiárido. Estão sendo propostos sistemas de iLP com o uso de palma forrageira, milho, gramíneas e leguminosas forrageiras adaptadas ao Semiárido, que contribuam com a sustentabilidade dos sistemas de produção de leite.

Os sistemas de iLPF vêm sendo adotados em duas modalidades nas regiões do Bioma Caatinga (PEREIRA et al., 2009):

- Introdução de animais em lavouras comerciais de espécies arbóreas permanentes, o que favorece a manutenção dessas áreas por meio do controle da vegetação herbácea e da adição de esterco. Esta é uma prática adotada por produtores de áreas irrigadas (culturas de manga, goiaba, acerola e pinha) e de áreas dependentes de chuva na região Semiárida (caju, olicuri e algaroba); e

- Introdução ou a manutenção do componente arbóreo (nativo ou exótico) em pastagens cultivadas adaptadas ao Semiárido.

Drumond (2012) ressalta que as principais espécies arbóreas de múltiplo uso potenciais para sistemas de iLPF no Semiárido brasileiro são: leucena (*Leucaena leucocephala*), gliricídia (*Gliricidia sepium*), algarobeira (*Prosopis juliflora*), sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) e eucalipto (*Eucalyptus* sp.). Estas espécies apresentam desenvolvimento silvicultural em áreas dependentes de chuva, com precipitação média anual variando de 500 a 700 mm.

4.2. Exemplos de fazendas de referência histórica e Unidades de Referência Tecnológica (URT) em integração Lavoura-Pecuária-Floresta

Os diferentes sistemas e modalidades de iLPF vêm sendo pesquisados, adotados e demonstrados em fazendas localizadas em diferentes regiões do país. Muitos são os exemplos de propriedades rurais que utilizam a estratégia iLPF, algumas há mais tempo, outras mais recentemente.

Um esquema de iLP sob SPD utilizado na Fazenda Agripastos, pelo Sr. Manoel Henrique Pereira¹, em Ponta Grossa, na região dos Campos Gerais, PR, vem dando bons resultados desde 1977. É um esquema sem rotação de culturas, no qual uma área de 100 ha é dividida em piquetes de 10 e 40 ha. Estes piquetes ficam próximos a pastagens perenes ou campos nativos, para facilitar o manejo do gado em épocas de excesso de umidade. Nessas ocasiões, é realizada uma suplementação alimentar para o gado, com silagem. As áreas usadas neste esquema de integração obedecem a um manejo simples: a) permanência do gado sobre pastagem de azevém durante 120 dias (entre 01/06 a 01/10); b) retirada do gado e recuperação da pastagem por 60 dias, para formar cobertura morta mínima para o plantio direto da soja (01/10 a 01/12); c) semeadura da cultura da soja, com permanência nesta gleba por 120 dias (01/12 a 01/04); e d) colheita da soja e nova fase de recuperação do azevém (ressemeado naturalmente) por 60 dias, antes de receber os animais.

No início da pesquisa, adoção e difusão do Sistema Barreirão, as propriedades que mais se destacaram em Goiás foram a Fazenda Boa Vista, em Piracanjuba, de propriedade do Sr. Nilton Pinheiro de Melo e irmãos, e a Fazenda Santa Maria, em Cromínia, de propriedade do Dr. Vasco Rodrigues da Cunha. Na Fazenda Barreirão, em Professor Jamil, foram recuperados, pelo Sistema Barreirão, cerca de 1.100 ha de pastagem, principalmente com a cultura do arroz, cuja produtividade média foi de 33 sacos de 60 kg ha⁻¹, durante seis anos consecutivos (1986 a 1991). A produtividade média do

¹ Manoel Henrique Pereira, 1998 - Comunicação Pessoal.

milho foi de, aproximadamente, 3.900 kg ha⁻¹. Esses rendimentos possibilitaram cobrir, em média, cerca de 80% dos gastos com custeio. A área recuperada proporcionou, no mínimo, o dobro da capacidade de suporte, sendo que a manutenção/ganho de peso na entressafra ocorreu graças à continuidade da produção forrageira, principalmente de *Brachiaria brizantha* e *Andropogon gayanus*, no período seco. A satisfação pelos resultados obtidos com o Sistema Barreirão foi imortalizada em duas expressões de autoria do proprietário desta fazenda, Dr. Augusto Zacharias Gontijo: “o pasto de Colombo” e “sou pecuarista por opção e agricultor por necessidade” (KLUTHCOUSKI et al., 2003).

Na região do Cerrado, uma das propriedades pioneiras em sistemas de iLP é a Fazenda Cabeceira, em Maracaju, MS, do Sr. Ake Bernard Van der Vinne, onde o SPD da soja sobre pastagens perenes teve início no ano de 1989. Nesse programa, a área total, de 903 ha, foi dividida em 20 piquetes com 36 hectares cada, rotacionados com agricultura e pecuária, sendo 2,5 anos com pastagem para a bovinocultura de corte e 2,5 anos com agricultura para produção de grãos. O objetivo inicial do projeto foi usar a *Brachiaria decumbens* como espécie produtora de palha para cobrir o solo nos períodos de inverno e primavera. Isto foi proposto para solucionar os problemas de produção de palha para formação do manto protetor do solo antes da introdução do SPD da soja. Além disso, o solo permanecia descoberto durante os meses de agosto, setembro, outubro e novembro. Por ocasião da semeadura da soja ou do milho (outubro/novembro – período ideal para o plantio), a área ficava infestada com plantas daninhas, produzindo sementes indesejáveis e competindo com as culturas, elevando-se, assim, o banco de sementes nas glebas e o custo de produção com o uso de herbicidas. Desta necessidade, optou-se inicialmente pela *Brachiaria decumbens*, depois iniciou-se o cultivo de *Brachiaria brizantha*, capim-rhodes, capim-vencedor, capim-tanzânia, grama Tifton, capim-mombaça, e outras, com a finalidade de alimentar os animais e produzir palha para cobertura do solo, para efetivação do sistema plantio direto. Com isso, obteve-se a viabilização do SPD da soja sobre diversas espécies de forrageiras, possibilitando, além da recuperação das pastagens degradadas ou em processo de degradação, a introdução da iLP (VINNE, 1999).

O autor informa, ainda, que os animais passavam o inverno com o dobro do pasto de verão, sendo parte constituída por pastagem que sobrou do verão e parte formada naturalmente após a colheita da soja ou do consórcio com aveia-preta. Mesmo assim, a propriedade produz silagem e feno de aveia-preta para eventuais necessidades. Desta forma, tem-se alcançado produtividade de 3.120 kg ha⁻¹ de soja em áreas de primeiro e segundo ano. A pecuária é extensiva em pastejo rotacionado para produção de novilho precoce, alcançando abate com 24 meses com 18,4 @. Assim, são produzidos 20 @ ha⁻¹ de carne nas áreas de pastagem de primeiro ano e 15 @ ha⁻¹ nas pastagens de segundo ano, podendo esta produtividade elevar-se para 20 @ ha⁻¹ quando aplica-se 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio como adubação nitrogenada suplementar. Observou-se que o decréscimo do rendimento estava diretamente relacionado à falta de nitrogênio na pastagem, sendo este o fator que determina a rotação de 2,5 anos com pasto e 2,5 anos com agricultura. O autor concluiu que a iLP com semeadura direta de soja sobre pastagens proporciona: rotação de culturas, cobertura do solo para o plantio direto, recuperação nutricional do solo (física, química e biológica) pela pastagem, produção de matéria orgânica e reciclagem de nutrientes. Por sua vez, o plantio direto integrado proporciona à pastagem e à pecuária: fornecimento de nitrogênio para a pastagem; fornecimento de resíduo nutricional da soja, devido ao residual da adubação

mineral; produção de forragem de melhor qualidade; produção de forragem no inverno e na primavera; recuperação da produtividade da pastagem; menor custo na implantação de uma nova pastagem e retorno de capital mais rápido, com a produção precoce de animais, sem perda de peso no inverno.

O consórcio de culturas anuais com forrageiras, denominado Sistema Santa Fé, foi lançado oficialmente em 2000. As primeiras informações disponibilizadas são as da Fazenda Santa Fé e da Fazenda Santa Lúcia, em Santa Helena de Goiás, GO, ambas de propriedade do Sr. Ricardo de Castro Merola. Nestas propriedades, esta modalidade de iLP é feita com o objetivo de produção de ensilagem de capim, notadamente de *Brachiaria brizantha*, ou de corte e distribuição no cocho de animais em confinamento (produção de 30 t matéria verde ha⁻¹ a cada 45 dias), bem como para produção forrageira para pastejo direto na recria de bovinos. No primeiro ano de pastejo, na época seca, a lotação animal foi, em média, de 3,0 UA ha⁻¹, com ganho de peso entre 250 e 300 g animal⁻¹ dia⁻¹, apenas com fornecimento de sal comum. Nas águas, a capacidade de suporte chega a 12 animais ha⁻¹ (com até 7,0 UA ha⁻¹) de bovinos para recria (KLUTHCOUSKI et al., 2003).

Na Fazenda Dom Bosco, em Cristalina, GO, de propriedade do Sr. Sebastião Conrado de Andrade¹, adota-se o sistema de integração gado de corte-produção de grãos desde a safra 1998-1999, envolvendo a rotação de feijão, sorgo pastejo (em safrinha) e sorgo forrageiro consociado com pastagens do gênero *Panicum*. As pastagens de Tanzânia ou Mombaça são utilizadas por dois anos consecutivos, depois volta-se à fase de lavoura sob SPD, roçando e dessecando a forrageira, seguindo-se com o plantio de feijão na safra e sorgo pastejo na safrinha. A pastagem é conduzida pelo método de pastejo rotacionado com capacidade de 4-5 UA ha⁻¹. Os principais objetivos deste sistema de iLP são: aumentar a produção agrícola e a capacidade de pastejo, diminuir o uso de herbicidas e de plantas daninhas e produzir feno (no caso de haver excesso de pastagem). A Fazenda Dom Bosco também foi uma das pioneiras na região, com semeadura consorciada de milho com *Brachiaria brizantha* e posterior pastejo do gado no Sistema Santa Fé.

Outro exemplo, o da Fazenda Santa Terezinha, em Uberlândia, MG, do Sr. Carlos Rauscher, é uma evidência do potencial produtivo desses sistemas em fazendas comerciais. Em 1983, essa propriedade desenvolvia atividade de cria e tinha uma área de 1.014 hectares de pastagem e rebanho de 1.094 cabeças (taxa de lotação de 1,1 cabeças ha⁻¹). A partir de 1985, a propriedade passou a destinar áreas de pastagens para a produção de soja até atingir, em 1996, a totalidade da área com um ou mais ciclos de lavoura. Nesse ano, a área destinada a pastagens representava 36% da área total da fazenda e o rebanho era de 1.200 cabeças, representando uma taxa de lotação três vezes superior à inicial, em torno de 3,2 UA ha⁻¹, reflexo da recuperação da fertilidade do solo e da utilização de gramíneas com maior potencial de produção e qualidade de forragens. Isto resultou na redução da área com pastagem na ordem de 64% para comportar o mesmo número de animais, significando redução de serviços e infraestrutura, além de maior produtividade animal. É importante ressaltar que a redução na taxa de lotação, em 2003, não foi em razão da perda da capacidade de suporte das pastagens, mas da reorientação de metas e objetivos do sistema de produção (adaptado de Ayarza; Vilela; Rauscher, 1993, citados por AYARZA, 1998; AYARZA et al. 1999; VILELA et al., 1999).

¹ Sebastião Conrado de Andrade, 2001 - Comunicação Pessoal.

Em Ipameri, GO, é notória a evolução dos sistemas de iLPF na Fazenda Santa Brígida, de propriedade da Dra. Marize Porto Costa¹, com resultados no aumento da produção de alimentos por unidade de área de forma sustentável, além de outros benefícios. Embora disponha de solos com ótimas propriedades físicas e topografia plana a suave ondulada, até o ano de 2006 a propriedade apresentava apenas pastagens degradadas, com rebanho em torno de 500 bovinos, sendo que os de corte eram abatidos entre 4 e 4,5 anos. Em 2006/2007, uma parceria feita com a Embrapa e empresas privadas proporcionou a implantação de consórcio entre culturas – milho e arroz – e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu nas áreas com solo e pastagem degradados. Simultaneamente aos cultivos comerciais, foi implantada uma Unidade de Referência Tecnológica (URT) para validação e demonstração de diferentes sistemas de iLP com as culturas de milho, arroz, girassol e braquiárias. Ao longo dos anos de adoção da iLP, observou-se melhoria dos atributos químicos do solo, em especial dos teores de potássio, fósforo e matéria orgânica, bem como incremento gradual tanto na produção de milho quanto na de soja. Na pecuária, a taxa de lotação animal média anual era de 0,5 na safra 2006/2007, passando a 2,5 UA ha⁻¹, com animais em fase de engorda, durante 60 dias, no período de inverno, a até 4,6 UA ha⁻¹, com animais em fase de recria, durante 120 dias, também no período de inverno. Outro incremento importante foi na produtividade de carne, que passou de 2 @ ha⁻¹ para 16 @ ha⁻¹ no mesmo período. Posteriormente, devido às experiências exitosas com a iLP, a fazenda passou a adotar sistemas mais complexos de iLPF. A primeira experiência com floresta de eucalipto na Fazenda Santa Brígida, configurando o sistema agrossilvipastoril de iLPF, foi implantada na safra de 2008/2009, em uma área de aproximadamente quatro hectares. Em razão do surpreendente desenvolvimento das árvores, principalmente em razão do cultivo de duas safras de grãos nos dois primeiros anos nos entremeios dos renques, na safra 2009/2010 ampliou-se a área com este sistema em mais 45 hectares, e na safra 2010/2011 em mais 10 hectares, com média de 700 árvores por hectare. Além disso, foi desenvolvido nesta fazenda o Sistema Santa Brígida (OLIVEIRA et al., 2010), que consiste na consorciação de milho com forrageiras gramíneas, geralmente braquiária, e guandu-anão. Esse sistema tem dois objetivos principais: a produção de forragem mais rica em proteína e o aumento do aporte de nitrogênio no solo, via fixação biológica do nitrogênio (FBN), podendo, com isso, reduzir a necessidade de fertilizante nitrogenado mineral no cultivo subsequente.

A Embrapa e seus parceiros vêm intensificando a sua atuação em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) em iLPF visando à expansão segura e sustentável destas tecnologias pelo sistema produtivo nacional. Atualmente, 33 Centros de Pesquisa da Embrapa trabalham com este sistema, em todos os biomas brasileiros, com o objetivo de gerar, validar e transferir tecnologias para técnicos, professores, estudantes e produtores rurais, utilizando as Unidades de Referência Tecnológica (URT). A URT é um modelo físico de sistema de produção, implantada em área pública ou privada, normalmente em fazendas de referência, visando a validação, demonstração e transferência das tecnologias geradas, adaptadas e/ou recomendadas pelo Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), considerando as peculiaridades de cada região. Essas Unidades são utilizadas como importante ferramenta para a implementação de um amplo programa de treinamento, diferenciado e contínuo, para a formação de agentes multiplicadores

e a estruturação de uma rede de instituições, profissionais e conhecimentos. Assim, as URTs imprimem capilaridade suficiente para disseminar os conceitos inerentes à iLPF, transferir os sistemas e as tecnologias necessários e adequados a cada ecorregião e promover a inovação e a sustentabilidade agrícola. A URT iLPF objetiva reproduzir sistemas de produção diversificados de grãos, fibra, carne, leite, lã, produtos florestais, dentre outros, realizados na mesma área, em plantio consorciado, em sucessão ou rotação, porém em escala reduzida. Os sistemas são implantados de forma a maximizar a utilização dos ciclos biológicos das plantas, animais e seus respectivos resíduos, assim como dos efeitos residuais de corretivos e nutrientes, minimizar/aperfeiçoar a utilização de agroquímicos e aumentar a eficiência no uso de máquinas, equipamentos e mão de obra. Com esse propósito, a URT induz ao desenvolvimento de uma estratégia produtiva adaptada às peculiaridades de cada sítio. Em vez de ser o modelo para a região, é uma referência tecnológica de uso dos recursos da região de forma integrada e sustentável. Ao estabelecer exemplos de funcionamento dos sistemas de produção e das tecnologias mais adequadas às condições locais, favorece a adoção de novas técnicas, atitudes e/ou comportamentos, fato que implica em mudanças na visão dos produtores e técnicos e sua relação com o meio de produção. As primeiras atividades se deram com recursos alocados pela Embrapa que foram complementados pela assinatura do Convênio com a empresa Bunge. Isto mostra que esta tecnologia desperta muito interesse, tanto do setor governamental como privado. Dentre as atividades desenvolvidas com iLPF destacam-se: a) desenvolvimento e estruturação de um banco de dados; b) realização de 43 mini-cursos; c) condução e implantação de 194 URTs em quase todos os estados da federação (Figura 5); d) realização de 97 dias de campo em URTs de fazendas e em centros de pesquisa, e e) participação em 19 eventos (feiras/exposições) agropecuários no nível nacional/regional (BALBINO et al., 2011c; BALBINO et al., 2011d).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A iLPF, potencialmente, é uma das principais estratégias de produção agropecuária sustentável, em particular nos trópicos. No Brasil, verifica-se um proeminente avanço das tecnologias que compõem os diferentes sistemas, modalidades e arranjos de iLPF, com inúmeros benefícios tecnológicos, econômicos e sociais, ecológicos e ambientais. Esse destaque tem colocado a iLPF em evidência, com grande interesse pela sua adoção por parte dos produtores rurais e, por outro lado, pelo desenvolvimento de políticas públicas e programas de fomento governamentais. Exemplo disso é o fato dela ser considerada como uma das estratégias previstas no “Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas Visando à Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura – Plano ABC”, para contribuir com os objetivos de mitigação da emissão de Gases de Efeito Estufa, onde está prevista a expansão desse sistema, e de suas variantes, em 4 milhões de hectares.

Entre as ações já adotadas, destaca-se a criação pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) do Programa PISA (Produção Integrada de Sistemas Agropecuários) e do Programa ABC (Programa de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) para financiar práticas adequadas, tecnologias e sistemas produtivos eficientes que contribuam para a mitigação dos GEE, como a iLPF.

Embora existam exemplos de utilização do iLPF, a diversidade de condições regionais do país indica a necessidade de estudos regionalizados sobre a viabilidade da combinação de diferentes espécies. Fazem-se necessários a ampliação e a adequação

¹ Marize Porto Costa, 2012 - Comunicação Pessoal.

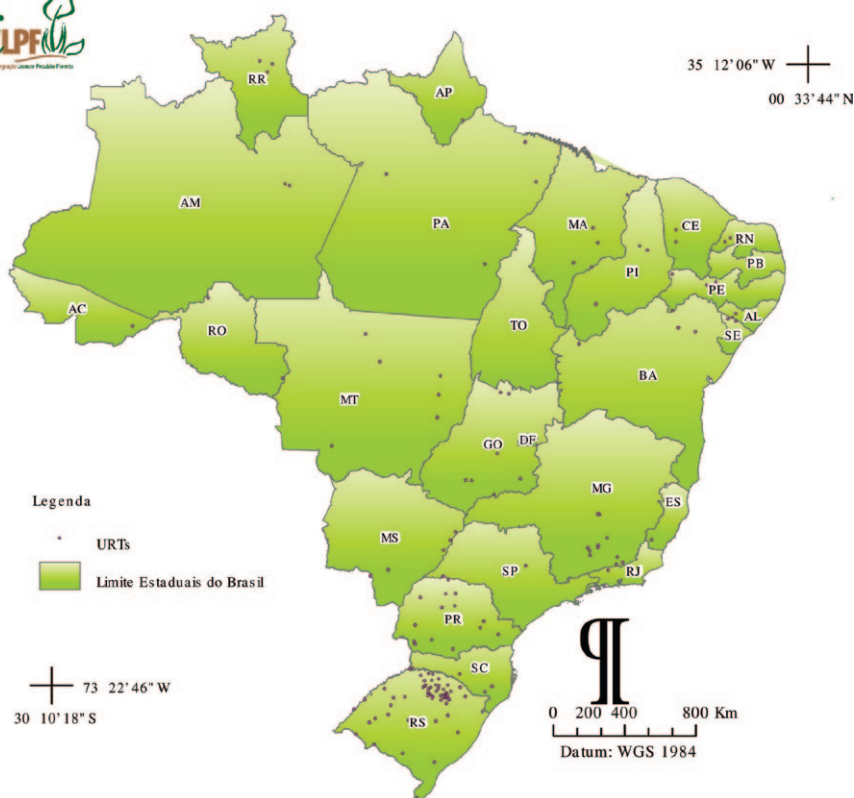


Figura 5. Distribuição de Unidades de Referência Tecnológica (URT) de integração Lavoura-Pecuária-Floresta no território nacional, coordenadas pela Embrapa e parceiros, em 2011.

Fonte: Balbino et al. (2011c).

de mecanismos de política pública para que produtores rurais consigam superar barreiras econômicas, como, por exemplo, a necessidade de investimento inicial. Da mesma forma, esses mecanismos contribuirão para superar barreiras operacionais, como a necessidade de conhecimento tecnológico, mais investimento em capacitação de técnicos e na formação de profissionais de ensino superior e escolas profissionalizantes da área agrária.

6. REFERÊNCIAS

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Evolução das atividades lavoura e pecuária nos Cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 25–58.

ALMEIDA, R. G.; OLIVEIRA, P. P. A.; MACEDO, M. C. M.; PEZZOPANE, J. R. M. Recuperação de pastagens degradadas e impactos da pecuária na emissão de gases de efeito estufa. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE MELHORAMENTO DE FORRAGEIRAS, 3., 2011, Bonito, MS. **Anais... Campo Grande: Embrapa Gado de Corte**, 2011. p. 384–400.

ALVARENGA, R. C.; ALBERNAZ, W. M.; VIANA, M. C. M.; GONTIJO NETO, M. M.; PINTO JÚNIOR, E. S. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Latossolo Vermelho distrófico de Maravilhas-MG, região do Cerrado: implantação do eucalipto e do milho e resultados do primeiro ano. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA DO CARTUCHO, 4., 2010, Goiânia. **Resumos expandidos...** Goiânia: ABMS, 2010a

ALVARENGA, R. C.; NOCE, M. A. **Integração Lavoura-Pecuária**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 16 p. (Série Documentos, n. 47).

ALVARENGA, R. C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M.; VILELA, L. Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, n. 257, p. 1–9, 2010b.

ARAÚJO FILHO, J. A. de; HOLANDA JÚNIOR, E. V.; SILVA, N. L. da; SOUSA, F. B. de; FRANÇA, F. M. Sistema agrossilvipastoril. In: LIMA, G. F. da C.; HOLANDA JÚNIOR, E. V.; MACIEL, F. C.; BARROS, N. N.; AMORIM, M. V.; CONFESSOR JÚNIOR, A. A. (Org.). **Criação familiar de caprinos e ovinos no Rio Grande do Norte: orientações para viabilidade do negócio rural**. Natal: Emater, 2006. p. 193–210.

AYARZA, M. A.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O.; BALBINO, L. C.; BROSSARD, M.; PASINI, A. Intégration culture-élevage dans les cedrados au Brésil: une solution pour des systèmes durables. **Agriculture et Développement**, Montpellier, n. 18, p. 91–98, 1998.

AYARZA, M. A.; VILELA, L.; PIZARRO, E. A.; COSTA, P. H. da. Sistemas agropastoriles baseados em leguminosas de usos múltiplos. In: GUIMARÃES, E. P.; SANZ, J. I.; RAO, I. M.; AMÉZQUITA, M. C.; AMÉZQUITA, E. (Ed.). **Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina**. Cali: CIAT; Brasília: Embrapa, 1999. p. 175–193.

AYARZA, M.; VILELA, L.; RAUSCHER, F. Rotação de culturas e pastagens em um solo de Cerrado: estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: SBSCS, 1993. v. 3, p. 121–122.

BALBINO, L. C. **Évolution de la structure et des propriétés hydrauliques dans des Ferralsols mis en prairie Pâturée (Cerrado, Brésil)**. 2001. 128 f. Thèse (Docteur)-L'Institut National Agronomique Paris-Grignon, Paris.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. (Ed.). **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília: Embrapa, 2011a. 130 p.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R.

Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p.i-xii, out. 2011b.

BALBINO, L. C.; MARTINEZ, G. B.; GALERANI, P. R. (Eds. Tec.). **Ações de transferência de tecnologia de sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta: 2007–2011**. Planaltina: Embrapa Cerrados; Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2011c. 52 p.

BALBINO, L. C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; KICHEL, A. N.; ROSINHA, R. O.; COSTA, J. A. A. **Manual orientador para implantação de Unidades de Referência Tecnológica de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta – URT iLPF**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2011d. 48 p. (Embrapa Cerrados, Documentos 303).

BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, O. B. Resultados preliminares de um estudo sobre arborização de pastagens com mudas de espera. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n. 18/19, 1989.

BAGGIO, A. J.; SCHREINER, H. G. Análise de um sistema silvipastoril com *Pinus elliottii* e gado de corte. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 16, p. 19–29, 1988.

BAGGIO, A. J.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Métodos de implantação de sistemas silvipastoris na região do arenito Caiuá, Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS: NO CONTEXTO DA QUALIDADE AMBIENTAL E COMPETITIVIDADE, 2., 1998, Belém, PA. Belém: Embrapa-CPATU, 1998. **Resumos...** p. 189–191. 1998.

BANDY, D. E. ICRAF's strategies to promote agroforestry systems. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1.; ENCONTRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NOS PAISES DO MERCOSUL, 1., 1994, Porto Velho. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPf, 1994. v. 1. p. 15–32. (EMBRAPA-CNPf. Documentos, 27)

BARIONI, L. G.; LIMA, M. A.; ZEN, S.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; FERREIRA, A. C. A baseline projection of methane emissions by the Brazilian beef sector: preliminary results. In: GREENHOUSE GASES AND ANIMAL AGRICULTURE CONFERENCE, 2007, Christchurch, New Zealand. **Proceedings...** Christchurch: [s.n.], 2007.

- BARTMEYER, T. N. **Produtividade do trigo de duplo propósito submetido a pastejo de bovinos na região dos Campos Gerais – Paraná**. 2006. 82 f. Dissertação (Mestrado)–Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil & Tillage Research**, v. 86, p. 237–245, 2006.
- BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 163–171, fev. 2007.
- BORTOLINI, P. C.; MORAES, A. de; CARVALHO, P. C. de F. Produção de forragem e de grãos de aveia-branca sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 6, p. 2192–2199, 2005.
- CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C. Adequação dos sistemas de produção rumo à sustentabilidade ambiental. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (Ed). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 671–692.
- CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R.; CERRI, C. E. P. Potencial de Sequestro de carbono em diferentes Biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 277–289, 2010a.
- CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; PICCOLLO, M. C.; GODINHO, V. P.; CERRI, C. C. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. **Soil Tillage Research**, v. 103, p. 342–349, 2009.
- 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, 2001. 414 p.
- CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 88, p. 259–273, 2010b.
- CASSOL, L. C. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 2003. 143 f. Tese (Doutorado)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.
- CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C.; BERNOUX, M.; CERRI, C. C. Sequestro 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.
- COBUCCI, T.; WRUCK, F. J.; KLUTHCOUSKI, J. Opções de integração lavoura-pecuária e alguns de seus aspectos econômicos. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 240, p. 25–42, 2007.
- COELHO JÚNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P. de; OLIVEIRA, A. D. de; COIMBRA, L. A. B.; SOUZA, A. N. de. Análise de investimento de um sistema agroflorestal sob situação de risco. **Cerne**, v. 14, p. 368–378, 2008.
- CONTE, O.; FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; LEVIEN, R.; WESP, C. L. Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1301–1309, 2011.
- CONWAY, G. R. The properties of agroecosystems. **Agricultural systems**, Essex, v. 24, n. 2, p.95–117, 1987.
- CORDEIRO, S. A. **Avaliação econômica e simulação em sistemas agroflorestais**. 2010. 96 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.
- COSTA, F. P.; MACEDO, M. C. M. Economic evaluation of agropastoral systems: some alternatives for Central Brazil. In: WORKSHOP ON AGROPASTORAL SYSTEM IN SOUTH AMERICA, 2001, Japan. **Proceedings...** Japan: JIRCAS, 2001. p. 57–62. (Working Report, 19).
- CRAVO, M. S.; CORTELETTI, J.; NOGUEIRA, O. L.; SMYTH, T. J.; SOUZA, B. D. L. **Sistema Bragantino: agricultura sustentável para a Amazônia**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 93 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 218).
- CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; PARIZ, C. M.; BORGHI, E.; COSTA, C.; SILVEIRA, J.P. F. Nutrição e produtividade de híbridos de sorgo granífero de ciclos contrastantes consorciados com capim-marandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1234–1240, out. 2011.
- DANIEL, O.; COUTO, L.; GARCIA, R.; PASSOS, C. A. M. Proposta para padronização da terminologia empregada em sistemas agroflorestais no Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 367–370, 1999.
- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 3.ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 190 p.
- DIAS-FILHO, M. B.; FERREIRA, J. N. **Barreiras à adoção de sistemas silvipastoris no Brasil**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 22 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 347).
- DOSSA, D.; MONTOYA VILCAHUAMAN, L. J. **Metodologia para levantamentos de dados em trabalhos de pesquisa ação**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 67 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 57).
- DRUMOND, M. A. Espécies arbóreas potenciais para Sistemas Integrados de Produção (iLPF) no Semiárido Brasileiro. In: SANTOS, L. D. T.; MENDES, L. R.; DUARTE, E. R.; GLÓRIA, J. R.; ANDRADE, J. M.; CARVALHO, L. R.; SALES, N. L. P. (Org). **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: potencialidades e técnicas de produção**. Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, 2012. p. 85–99.
- DUBOIS, J. C. L. **Para utilizar de forma correta a terminologia SAF**. REBRAf. Edição On-Line, 2004. Disponível em: <http://www.rebraf.org.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?from_info_index=11&infoid=27&sid=2>. Acesso em: 09 set. 2009.
- DUPRAZ, C.; LIAGRE, F. **Agroforesterie: des arbres et des cultures**. Paris: France Agricole, 2008. 413 p.
- FERNANDES, P. C. C.; GRISE, M. M.; ALVES, L. W. R.; SILVEIRA FILHO, A.; DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico e modelagem da integração lavoura-pecuária na Região de Paragominas, PA**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 31 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 327).
- FISHER, M. J.; BRAZ, S. P.; SANTOS, R. S. M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Another dimension to grazing systems: soil carbon. **Tropical Grasslands**, v. 41, p. 65-83, 2007.
- FLORES, J. P. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F. Atributos químicos do solo em função da aplicação superficial de calcário em sistema de integração lavoura-pecuária submetido a pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2385–2396, 2008.
- FLORES, J. P. C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L. C. Atributos físicos e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 771-780, 2007.
- FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. Rendimento de grãos de trigo em sistemas de produção envolvendo pastagens anuais e perenes, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 9, p. 353–356, 2003.
- FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; DEL DUCA, L. J.; RODRIGUES, O.; TEIXEIRA, M. C. C.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; MINELLA, E.; CAIERAO, E.; MORI, C.; OLIVEIRA, J. T.; MARIANI, F. Potencial de rendimento de cereais de inverno de duplo propósito. In: FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. (Ed.). **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. p. 97–120.
- FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; WRUCK, F. J.; SKORUPA, L. A.; GUISSOLPHI, I. J.; CAUMO, A. L. Contribuição da integração lavoura-pecuária para a agricultura de baixo carbono em Mato Grosso. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 13., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 11., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 8., 2010, Guarapari, ES. **Resumos...** SBCS, 2010a. p. 1–4.

- FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; WRUCK, F. J.; SKORUPA, L. A.; WINK, N. N.; GUISSOLPHI, I. J.; CAUMO, A. L.; HATORI, T. **Integração lavoura-pecuária: alternativa para diversificação e redução do impacto ambiental do sistema produtivo no Vale do Rio Xingu**. Londrina: Embrapa Soja, 2010b. 20 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 77).
- GHOLZ, H. L. (Ed.). **Agroforestry: realities, possibilities and potentials**. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers, 1987. 227 p.
- GODINHO, V. P. C.; UTUMI, M. M.; BROGIN, R. L.; FERNANDES, P. C. C.; PINTO, D. M. **I Workshop Integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2010. 118 p. (Embrapa Rondônia. Documentos, 141).
- GONÇALVES, S. A.; FRANCHINI, J. C. **Integração lavoura-pecuária**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 8 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 44).
- HERNANI, L. C.; FREITAS, P. L. de; PRUSKI, F. F.; DE MARIA, I. C.; CASTRO FILHO, C. de; LANDERS, J. N. A erosão e o seu impacto. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E. de; PERES, J. R. R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p. 47-60.
- 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.; MIRANDA, C.H. B. **Sistema de integração agricultura & pecuária**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. (Embrapa Gado de Corte. Circular Técnica, 53).
- KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração Lavoura-Pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.407-442.
- KLUTHCOUSKI, J.; PACHECO, A. R.; TEIXEIRA, S. M.; OLIVEIRA, E. T. de. **Renovação de pastagem do cerrado com arroz. 1 – Sistema Barreirão**. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1991. 20 p. (CNPAF. Documentos, 33).
- KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. Manejo Sustentável dos solos dos Cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 59-104.
- KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P. Opções de integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 129-141.
- KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L.P.; STONE, L.F. Fazendas de referência na integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 535-554.
- KRUSCHEWSKY, G. C.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; OLIVEIRA, T. K. Arranjo estrutural e dinâmica de crescimento de *Eucalyptus* spp. em sistema agrossilvipastoril no Cerrado. **Cerne**, v. 13, p. 360-367, 2007.
- LANG, C. R. **Pastejo e nitrogênio afetando os atributos químicos do solo e rendimento de milho no sistema de integração lavoura-pecuária**. 2004. 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia) –Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- LEITE, L. F. C.; SILVA, V. P.; MADARI, B. E.; MACHADO, P. L. A.; BARCELLOS, A. O.; BALBINO, L. C. O potencial de sequestro de carbono em sistemas de produção integrado: Integração lavoura-pecuária e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 12., 2010, Foz do Iguaçu. **Anais...** Ponta Grossa: FEBRAPDP, 2010.
- LOS, C. J. Integração agricultura-pecuária. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PLANTIO DIRETO EM SISTEMAS SUSTENTÁVEIS, 1993, Castro. **Anais...** Castro: FUNDAÇÃO ABC, 1993. p. 235-237.
- LOS, C. J. Plantio direto na integração agricultura-pecuária. In: PEIXOTO, R. T. G.; AHRENS, D. C.; SAMAHA, M. J. (Ed.). **Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa: IAPAR/PRP-PG, 1997. p. 115-123.
- LUSTOSA, S. B. C. **Efeito do pastejo nas propriedades químicas do solo e no rendimento de soja e milho em rotação com pastagem consorciada de inverno no sistema de plantio direto**. Curitiba, 1998. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo)–Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.
- MACEDO, M. C. M. Recuperação de áreas degradadas: pastagens e cultivos intensivos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 7, 1993, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBSC, 1993. p. 71-72.
- 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.
- MACEDO, M. C. M.; BONO, J. A.; ZIMMER, A. H. Preliminary results of agropastoral systems in the Cerrados of Mato Grosso do Sul - Brazil. In: WORKSHOP ON AGROPASTORAL SYSTEM IN SOUTH AMERICA, 2001, Japan. **Proceedings...** Japan: JIRCAS, 2001. p. 35-42. (Working Report, 19).
- MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ZIMMER, A. H. **Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens**. Campo Grande: EMBRAPACNPGC, 2000. 4 p. (Comunicado Técnico, 62).
- MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H. Sistemas pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DASPASTAGENS, 2., 1993, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP: UNESP, 1993. p. 216-245.
- MACEDO, R. L. G. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 157 p.
- MACEDO, R. L. G.; VALE, A. B.; VENTURIN, N. **Eucalipto em sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA, 2010. 331 p.
- MACHADO, P. L. O. A.; MADARI, B. E.; BALBINO, L. C. Manejo e conservação do solo e água no contexto das mudanças ambientais – Panorama Brasil. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. (Org.). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 41-52.
- MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semiárido cearense. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 837-848, 2006.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Dimensão econômica de sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1117-1126, 2011.
- MONTAGNINI, F. et al. (Coord.). **Sistemas agroflorestais: principios y aplicaciones en los trópicos**. 2. ed. San José: Organización para Estudios Tropicales, 1992. 622 p.
- MONTOYA VILCAHUAMAN, L. J.; BAGGIO, A. J. Estudo econômico da introdução de mudas altas para arborização de pastagens. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO FLORESTAL, 2., 1992, Curitiba. **Anais...** Colombo: Embrapa-CNPFFlorestas, v. 2. p. 171-191, 1992.
- MONTOYA VILCAHUAMAN, L. J.; MEDRADO, M. J. S.; MASCHIO, L. M. A. Aspectos de arborização de pastagens e viabilidade técnica-econômica da alternativa silvipastoril. In: SEMINÁRIO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA REGIÃO SUL DO BRASIL, 1., 1994, Colombo. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1994. p. 157-172.
- MORAES, A.; LUSTOSA, S. B. C. Efeito do animal sobre as características do solo e a produção da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 1997. p. 129-149.
- MORAES, A.; CARVALHO, P. C. de F.; SILVA, H. A.; JANSSEN, H. P. (Org.). **Produção de leite em sistemas integrados de agricultura-pecuária**. Curitiba: Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural, 2008. v. 1, 88 p.
- MORAES, A.; PELISSARI, A.; ALVES, S. J. Integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil. In: ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL, 1., 2002, Pato Branco. **Anais...** Pato Branco: CEFET-PR, 2002. p. 3-42.
- MÜLLER, M. D.; FERNANDES, E. N.; CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C.; ALVES, F. F. Estimativas de acúmulo de biomassa e carbono em sistema agrossilvipastoril na Zona da Mata Mineira. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 11-17, dez. 2009.

- MUNIZ, L. C.; FIGUEIREDO, R. S.; MAGNABOSCO, C. U.; WANDER, A. E.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Análise econômica da integração lavoura e pecuária com a utilização do System Dynamics. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45., 2007, Londrina. **Anais...** Brasília, DF: Sober; Londrina: Universidade Estadual de Londrina: IAPAR, 2007. 1 CD-ROM.
- NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1993. 499 p.
- NAIR, P. K. R. State-of-the-art of agroforestry systems. **Forest Ecology and Management**, v. 45, p. 5–29, 1991.
- NAIR, P. K. R.; TONUCCI, R. G.; GARCIA, R.; NAIR, V. D. Silvopasture and carbon sequestration with special reference to the Brazilian Savanna (Cerrado). In: KUMAR, B. M.; NAIR, P. K. R. (Ed.). **Carbon sequestration potential of agroforestry systems: Opportunities and challenges**. London/New York: Springer, 2011. p. 145–162. (Advances in Agroforestry, 2011, Volume 8, Parte 1).
- NICODEMO, M. L. F.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; THIAGO, L. R. L. S.; GONTIJO NETO, M. M.; LAURA, V. **Sistemas silvipastoris: introdução de árvores na pecuária do Centro-Oeste brasileiro**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2004. 37 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos 146).
- OLIVEIRA, E. B.; RIBASKI, J.; ZANETTI, E. A.; PENTEADO JÚNIOR, J. F. Produção, carbono e rentabilidade econômica de *Pinus elliotii* *Eucalyptus grandis* em sistemas silvipastoris no Sul do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 57, p. 45–56, 2008.
- OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; FAVARIN, J. L.; SANTOS, D. de C. **Sistema Santa Brígida - Tecnologia Embrapa: consorciação de milho com leguminosas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. 16 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 88).
- OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; SANTOS, I. P. A.; HIGASHIKAWA, E. M.; VENTURIN, N. Produtividade de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 748–757, 2007.
- PEREIRA, L. G. R.; VOLTOLINI, T. V.; MORAES, S. A. de; ARAGÃO, A. dos S. L.; BRANDÃO, L. G. N.; CHIZZOTTI, M. L. Integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF): sistema de integração fruticultura pecuária. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO ANIMAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO, 2., 2009, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Universidade Federal do Vale do São Francisco: Embrapa Semiárido, 2009. 11 p.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V. A integração “lavoura-pecuária-floresta” como proposta de mudança no uso da terra. In: FERNANDES, E. N.; MARTINS, P. do C.; MOREIRA, M. S. de P.; ARCURI, P. B. (Ed.). **Novos desafios para o leite no Brasil**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007. p. 197–210.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V. **Arborização de pastagens: I. Procedimentos para introdução de árvores em pastagens**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 8 p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 155).
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; SILVA, V. P. Arborização de pastagens como prática de manejo ambiental e estratégia para o desenvolvimento sustentável no Paraná. In: CARVALHO, M. M. de; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. da C. (Org.). **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. 1. ed. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; FAO, 2001. v. 1. p. 235–255.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, S. A.; MEDRADO, M. J. S. **Planejamento do número de árvores na composição de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF)**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 219).
- PRIMAVESI, O. **A pecuária de corte brasileira e o aquecimento global**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 42 p. (Documentos, 72).
- PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M. S. **Mudanças climáticas: visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para ambientes rurais ou urbanos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 200 p.
- RADOMSKI, M. I.; RIBASKI, J. **Sistemas silvipastoris: aspectos da pesquisa com eucalipto e grevilea nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 40 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 191).
- RIBASKI, J.; DEDECEK, R. A.; MATTEI, V. L.; FLORES, C. A.; VARGAS, A. F. C.; RIBASKI, S. A. G. **Sistemas silvipastoris: estratégias para o desenvolvimento rural sustentável para a metade Sul do Estado do Rio Grande do Sul**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 8 p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 150).
- RIBEIRO, S. C.; CHAVES, H. M. L.; JACOVINE, L. A. G.; SILVA, M. L. da. Estimativa do abatimento de erosão aportado por um sistema agrossilvipastoril e sua contribuição econômica. **Revista Árvore**, v. 31, p. 285–293, 2007.
- RODIGHERI, H. R. **Viabilidade econômica de plantios florestais solteiros e de sistemas agroflorestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 1998. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 22).
- SÁ, J. L. de; SÁ, C. O. de. **Sistema glória de produção de leite para o semiárido**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2006. n.p.. (Embrapa Semiárido. Instruções técnicas, 77).
- SALTON, J. C. **Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical**. 2005. 158 f. Tese (Doutorado)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- SEGNINI, A.; MILORI, D. M. B. P.; SIMÕES, M. L.; SILVA, W. T. L.; PRIMAVESI, O.; MARTIN-NETO, L. Potencial de sequestro de carbono em área de pastagem de *Brachiaria Decumbens*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado, RS. **Anais...** Porto Alegre: SBCS, 2007.
- SCHREINER, H. G. Pesquisa em agrossilvicultura no Sul do Brasil: resultados, perspectivas e problemas. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., v. 2. Porto Velho. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. p. 387–398.
- SHARROW, S. H. **Silvopasture design with animals in mind**. 1998. Disponível em: <<http://www.aftaweb.org/entserv1.php?page=22>>. Acesso em 02 fev. 2006.
- SOUZA, A. N.; OLIVEIRA, A. D. de; SCOLFORO, J. R. S.; REZENDE, J. L. P. de; MELLO, J. M. de. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal. **Cerne**, v. 13, p. 96–106, 2007.
- TSUKAMOTO FILHO, A. A. **Fixação de carbono em um sistema agroflorestal com eucalipto na região do Cerrado de Minas Gerais**. 2003. 111 f. Tese (Doutorado)–Universidade Federal de Viçosa, 2003.
- VEIGA, J. B. da; ALVES, C. P.; MARQUES, L. C. T.; VEIGA, D. F. da. **Sistemas silvipastoris na Amazônia Oriental**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 62 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 56).
- VILELA, L.; BARCELLOS, A. O.; SOUSA, D. M. G. de. **Benefícios da integração entre lavoura e pecuária**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 21 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 42).
- VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1127–1138, 2011.
- VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; BARIONI, L. G.; BARCELLOS, A. O. Integração Lavoura-Pecuária. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (Ed.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 931–962.
- VILELA, L.; MIRANDA, J. C. C.; SHARMA, R. D.; AYARZA, M. A. **Integração Lavoura-Pecuária: atividades desenvolvidas pela Embrapa cerrados**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 31 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 9).
- VINNE, A. van der. Integração agricultura-pecuária no sistema plantio direto na palha. In: CORDEIRO, L. A. M.; ARAÚJO, G. A. A.; AGNES, E. L.; GALVÃO, J. C. C.; FERREIRA, L. R.; CAMARGO, A. P. M. SEMINÁRIO SOBRE O SISTEMA PLANTIO DIRETO NA UFV, 2., 1999. **Anais...** Viçosa: UFV/DFT, 1999. p. 157–164.

MONITORAMENTO DA FERTILIDADE DE SOLO COM A TÉCNICA DA AMOSTRAGEM EM GRADE

Leandro M. Gimenez¹
Leandro Zancanaro²

1. INTRODUÇÃO

Dentre os insumos utilizados na produção agropecuária, os fertilizantes são aqueles que permitem maiores retornos em produtividade. Além disso, têm um peso expressivo na planilha de custo de produção. Sendo assim, as decisões quanto aos produtos a serem utilizados, suas doses e mesmo a estratégia de aplicação, passam por um adequado levantamento dos teores no solo, o que é obtido através da coleta e análise de amostras de solo.

A amostragem do solo em grade é uma técnica em evolução. Consiste na coleta de amostras de solo referenciadas espacialmente e vem sendo utilizada por um número crescente de produtores. Ela influencia a quantidade e a maneira como os insumos são aplicados. Por meio da técnica é possível aplicar os produtos alterando a dose de acordo com a necessidade, que pode variar ao longo do campo de produção, ou seja, os insumos podem ser aplicados no local correto, no momento adequado e nas quantidades necessárias à produção agrícola. Uma importante diferença entre o método convencional de amostragem do solo e a amostragem em grade está na capacidade de mensurar a variabilidade e na redução da representatividade de cada amostra.

Os benefícios dessa prática dependem fundamentalmente da presença de variabilidade espacial nos campos e de como esta se processa. Na maior parte das áreas cultivadas, as propriedades físicas e químicas dos solos variam no espaço, por isso o interesse no manejo do solo de modo diferenciado. Esta variação pode ocorrer em distintas combinações de intensidade e distância, ou seja, a estrutura espacial varia para cada nutriente, dentro da realidade de cada campo.

Nos últimos anos, o desenvolvimento de equipamentos automatizados para a coleta de amostras e para a aplicação de fertilizantes em taxa variada motivou a rápida expansão da técnica. Porém, se a amostragem e o processamento dos dados não forem adequados, ou os equipamentos para aplicação em taxa variável não assegurarem regularidade na aplicação, podem ser gerados problemas de difícil solução futura.

Temos presenciado em nosso sistema de produção de grãos, na região do cerrado, os mais diversos relatos quanto à sua efetividade. Para obter indicativos sólidos dos benefícios, deve-se avaliar seu efeito sobre a produtividade por meio do mapeamento de colheita. Além deste aspecto, há que se considerar a dinâmica dos nutrientes

no solo. Em muitas condições, os teores estão próximos ou acima do nível crítico e, desta forma, a prática da adubação e sua avaliação em uma safra não devem ser tomadas como parâmetro, sendo necessário também avaliar o balanço de nutrientes e a produtividade ao longo dos anos. Se os teores de nutrientes no solo estão abaixo ou acima daqueles considerados críticos, então seu manejo diferenciado deve trazer retornos positivos. Existem, contudo, diversos aspectos limitantes ao uso desta técnica, desde os relacionados à etapa de amostragem até aqueles associados à aplicação do fertilizante.

Neste artigo, tentaremos expor a fundamentação e o potencial da ferramenta, suas principais limitações, apresentar alguns resultados de um trabalho de pesquisa e abordar parcialmente as implicações para o manejo da fertilidade do solo. O objetivo é fornecer subsídios para que profissionais da área agrônoma e produtores tenham uma visão mais abrangente sobre o tema, de modo que possam dimensionar suas expectativas e aumentar a eficiência no investimento de recursos.

2. TIPOS DE AMOSTRAGEM EM GRADE

A amostragem em grade constitui um dos diversos sistemas de amostragem localizada e pode ser subdividida em dois tipos: amostragem em pontos e amostragem em células. Em ambos, o objetivo é buscar a caracterização da variabilidade espacial de um parâmetro.

Basicamente, neste tipo de amostragem, os locais de coleta das amostras são definidos com base em uma malha de pontos ou de células igualmente espaçados; por isso, é denominada amostragem sistemática. Estes pontos ou células são georreferenciados, permitindo a geração de mapas de distribuição dos valores dos parâmetros de interesse. No caso da amostragem de solo, embora sejam mais difundidos os mapas das características químicas obtidas na análise de rotina, podem ser gerados também mapas das propriedades físicas e mesmo biológicas do solo. De acordo com o procedimento de amostragem utilizado são obtidos mapas com características distintas.

2.1. Amostragem em pontos

Na amostragem em pontos, as amostras são coletadas ao redor de pontos predeterminados dentro da área de cultivo. Nesse tipo de amostragem, a superfície é criada a partir da interpolação

Abreviações: CTC = capacidade de troca de cátions; GNSS = Global Navigation Satellite Systems; GPS = Global Positioning System; K = potássio.

¹ Engenheiro Agrônomo, MSc, Pesquisador na Fundação MT nas áreas de Mecanização Agrícola e Agricultura de Precisão; e-mail: leandrojimenez@fundacaomt.com.br

² Engenheiro Agrônomo, MSc, Coordenador da Célula de Projetos Agrícolas – PMA, Fundação MT; e-mail: leandrozancanaro@fundacaomt.com.br

dos valores atribuídos aos pontos, gerando mapas da variação de um determinado parâmetro através de cálculos matemáticos. Para que os mapas gerados sejam confiáveis, os pontos amostrados devem respeitar um espaçamento determinado, que permita representar a variabilidade, ou seja, em uma distância na qual os parâmetros em estudo estejam espacialmente relacionados.

2.1.1. Número de amostras e espaçamento

Na fase de definição do número de amostras a serem coletadas é inevitável a indagação: porque a distância oscila para cada elemento, em cada campo? A compreensão da resposta a esta pergunta é fundamental para o manejo da variabilidade espacial da fertilidade do solo.

A variabilidade espacial dos teores de nutrientes encontrada em uma lavoura foi gerada por processos distintos. De maneira simplificada, pode ser atribuída às condições originais dos solos antes de seu cultivo e àquelas inerentes às práticas agrícolas, sobretudo as correções de acidez e as adubações. Também, de modo indireto, as práticas agrícolas podem levar a efeitos geradores de variabilidade, como, por exemplo, o escoamento superficial e a erosão ou a exportação diferenciada de nutrientes por meio da produção, que sabidamente é influenciada por outros fatores, não apenas relacionados à fertilidade. A escala e intensidade destas duas fontes de variabilidade oscilam entre os campos e, por isso, é difícil estabelecer um procedimento universal para sua caracterização.

Portanto, ao realizar a amostragem em grade é importante observar qual variação é mais importante. Em linhas gerais, regiões com relevo mais movimentado tendem a apresentar variabilidade inicial maior que aquelas onde este é mais uniforme. Isto, entretanto, não é válido em muitas condições quando, por exemplo, talhões que possuíam um histórico de manejo diferente são unidos para criar um talhão maior. Nas áreas de cultivo de plantas perenes, como café ou citros, por exemplo, nas quais o fornecimento de nutrientes é realizado a uma determinada distância da planta ao longo de anos, existe considerável variabilidade induzida. Nos cultivos que ocupam grandes áreas, talvez o problema mais recorrente seja aquele relacionado à aplicação de corretivos ou fertilizantes de modo desuniforme, induzindo, portanto, uma variabilidade de curta distância e elevada intensidade.

É preciso ficar claro que a amostragem em grade não deve ser realizada em áreas com histórico de variabilidade causada pela aplicação inadequada de fertilizantes e corretivos, bem como naquelas onde sintomas de deficiência ou de fitotoxicidade são visíveis nas plantas, na forma de faixas, ao longo da lavoura. Esta variabilidade induzida tem intensidade e estrutura espacial tão mais expressiva quanto aquela que se deseja caracterizar. A amostragem em grade de pontos nesta situação levará certamente a um mapa com muita variabilidade, porém, causada por tais faixas. Como a distância entre pontos amostrais é maior que aquela entre as faixas, o ponto amostral pode ser locado ora sobre uma região com excesso, ora sobre outra com falta do elemento considerado. Nestes casos, as estimativas para os pontos não amostrados terão pouco ou nenhum valor, podendo levar à tomada de decisão inadequada, com subsequente aplicação de nutrientes em local inadequado e, com isso, aumento da variabilidade.

Este tipo de variabilidade induzida ocorre com menor intensidade (não se enxergam faixas, mas elas estão lá) em grande parte das áreas em produção. A importância das faixas pode ser reduzida ou exacerbada em função de se manter inalterado ou não o sentido da aplicação de insumos ou de haver maior ou menor controle de tráfego ao longo dos anos. Para atenuar este efeito é necessário coletar um número adequado de subamostras.

Outra dúvida frequente que surge diz respeito ao valor do espaçamento máximo entre amostras. De fato, esta informação é fundamental, porém não existe uma resposta, em termos absolutos, que possa atender a todos. Existem procedimentos bem definidos para se chegar a esta distância entre amostras, e muitos resultados de pesquisa. Entretanto, o que se depreende dos trabalhos é que, em cada sistema de produção (perenes, anuais, com e sem revolvimento do solo) o comportamento é distinto e, no caso de lavouras de grãos, amostragens com densidades oscilando desde duas amostras por hectare até uma amostra a cada dois hectares são aquelas citadas com maior frequência para os parâmetros químicos do solo.

2.1.2. Interpolação ou predição espacial

Para realizar os cálculos de predição espacial ou interpolação (estimativas para os locais não amostrados), o ponto deve ser definido como um pequeno raio, usualmente 2 a 5 m, no interior do qual se tomam as subamostras em número superior a 10 para fins de fertilidade. Este raio é pequeno, em comparação à distância entre pontos amostrais, e, assim, define-se como um ponto. O tamanho do raio de coleta é, entretanto, questionável, quando se sabe que há algum efeito gerado pelas práticas de aplicação de fertilizantes e corretivos. Neste sentido, é recomendável que se realize a coleta de um número maior de subamostras em um raio também maior nas áreas onde se nota a presença de faixas ou onde se desconfia da sua presença, de modo a atenuar a ocorrência de erros.

Para gerar os mapas de variabilidade espacial são realizados cálculos com o uso de ferramenta denominada geoestatística. Por meio dela é possível expressar matematicamente o comportamento da variabilidade e, a partir desta expressão, estimar os valores dos pontos não amostrados. Embora ideal para a realização dos cálculos, na prática, o uso desta ferramenta é pouco tangível e se parte para procedimentos mais simples. Porém, considerando que muitos colegas agrônomos e produtores utilizarão procedimentos para predição inadvertidamente, torna-se necessário algum posicionamento, sob pena de uso inadequado dos fertilizantes e de todos os aspectos decorrentes.

Os interpoladores são um conjunto de procedimentos matemáticos utilizados para estimar valores de uma variável em área interior aos pontos de amostragem disponíveis, permitindo representar em mapa, de forma contínua, o comportamento de variáveis amostradas pontualmente. O uso de interpoladores, como o inverso da distância, implica em erros nas estimativas e estes erros tendem a ser maiores quanto menores as densidades amostrais. Densidades amostrais de um ponto a cada 5 hectares ou menos não devem ser utilizadas, mesmo em regiões onde se sabe haver menor variabilidade. Para uma densidade amostral baixa, de 2 a 3 hectares por amostra, por exemplo, uma vez que a dependência espacial não é respeitada, e visando a redução na incerteza inerente, deve-se aumentar o tamanho do que se considerava um ponto e, simultaneamente, aumentar o número de subamostras coletadas. Sugere-se que o diâmetro da região na qual se coletam as subamostras para compor a amostra tenha dimensão igual àquela da maior largura efetiva dentre os equipamentos que aplicam fertilizantes e corretivos, e que nesta área se coletem aleatoriamente 20 subamostras para compor uma amostra.

2.1.3. Efeitos da densidade amostral

A Figura 1 ilustra os mapas de fertilidade gerados a partir de uma amostragem mais densa do solo (6 amostras por hectare), com gradual diminuição da densidade de amostragem. Trata-se de área de 47 hectares, sob semeadura direta, com aplicação de fertilizantes e corretivos em superfície há seis anos, na região de Rondonópolis,

MT. Nota-se o impacto da redução da densidade amostral, tanto na capacidade de representar a variabilidade espacial dos componentes da fertilidade quanto na geração do mapa de aplicação de calcário. Desta forma, o uso das informações de mapas com densidade amostral baixa acaba por elevar a variabilidade espacial, pois são realizadas aplicações de doses inadequadas de fertilizantes.

A qualidade de um mapa pode ser avaliada comparando-se os valores gerados por meio da predição espacial com os valores reais obtidos nas análises de solo. Na Figura 2 é possível notar o aumento do erro na predição espacial quando se reduziu a densidade amostral de 1,8 amostra por hectare para 0,3 amostra por hectare (aproximadamente uma amostra a cada três hectares). A comparação entre os gráficos também permite verificar que parâmetros de fertilidade relacionados às características físicas do solo, como é o caso da capacidade de troca de cátions (CTC) ligada intimamente à participação da argila no solo, tendem a apresentar estrutura espacial quando a variação ocorre em distâncias maiores, ao passo que elementos móveis, como o potássio (K), aplicados por máquinas agrícolas, tendem a oscilar em distâncias menores, o que se reflete em maior dispersão dos pontos.

No caso de se utilizar a amostragem em grade de pontos, dada toda a incerteza inerente a este método, recomenda-se que, antes de realizar a amostragem em toda a fazenda, proceda-se à amostragem detalhada de um talhão representativo. Esta amostragem deve ser feita com uma densidade de 4 amostras por hectare ou mais, tomando-se todo cuidado em relação à coleta das subamostras. Os mapas podem ser então gerados a partir do mesmo conjunto de resultados laboratoriais, porém com densidades distintas. Desta maneira, para um mesmo elemento de interesse obtêm-se mapas com densidade de 4 amostras ha⁻¹, 1 amostra ha⁻¹, 0,44 amostra ha⁻¹, 0,25 amostra ha⁻¹, 0,16 amostra ha⁻¹. A avaliação cuidadosa desses mapas, juntamente com a geração dos mapas de prescrição para fertilizantes, permitirão, mediante avaliação comparativa, que se obtenha a indicação quanto à densidade amostral necessária para o restante da fazenda.

Ainda existe a crença de que a aplicação de insumos em taxa variável permite a uniformização da produtividade das culturas. Os teores dos nutrientes no solo, de fato, deverão oscilar menos ao longo dos anos, entretanto, considerando que o solo é variável em sua constituição e que a produtividade é condicionada por diversos fatores, sempre haverá desuniformidade na produção. Deve ficar claro que, no manejo da variabilidade

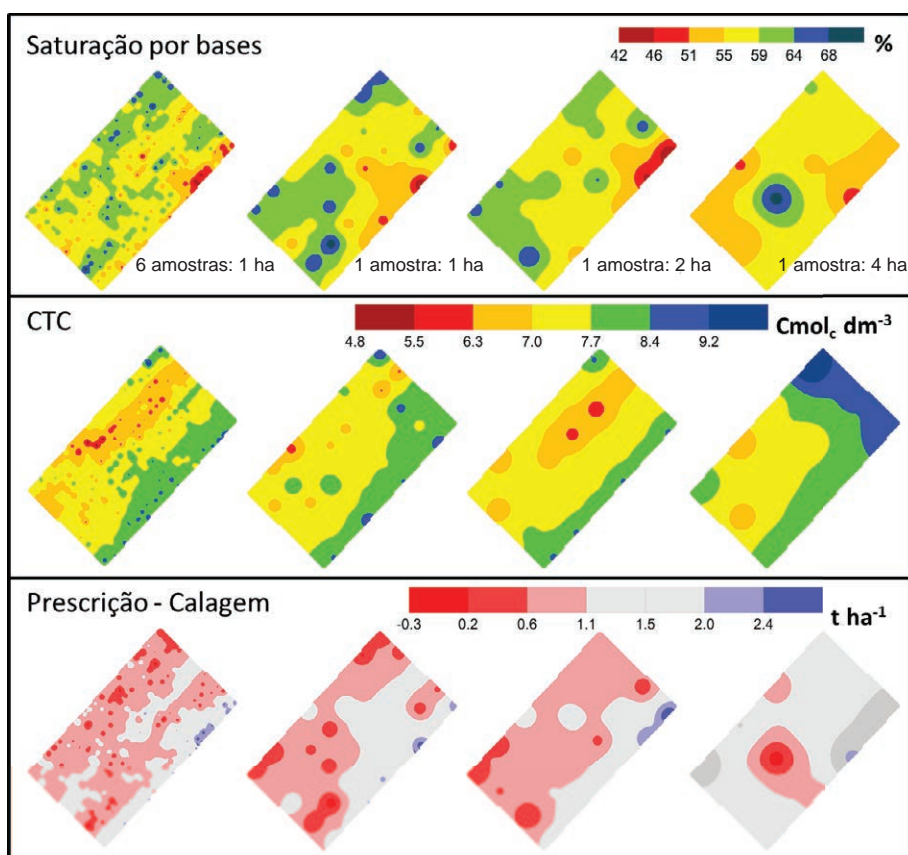


Figura 1. Mapas de fertilidade e de prescrição de calagem para uma mesma área gerados com diversas densidades de amostragem.

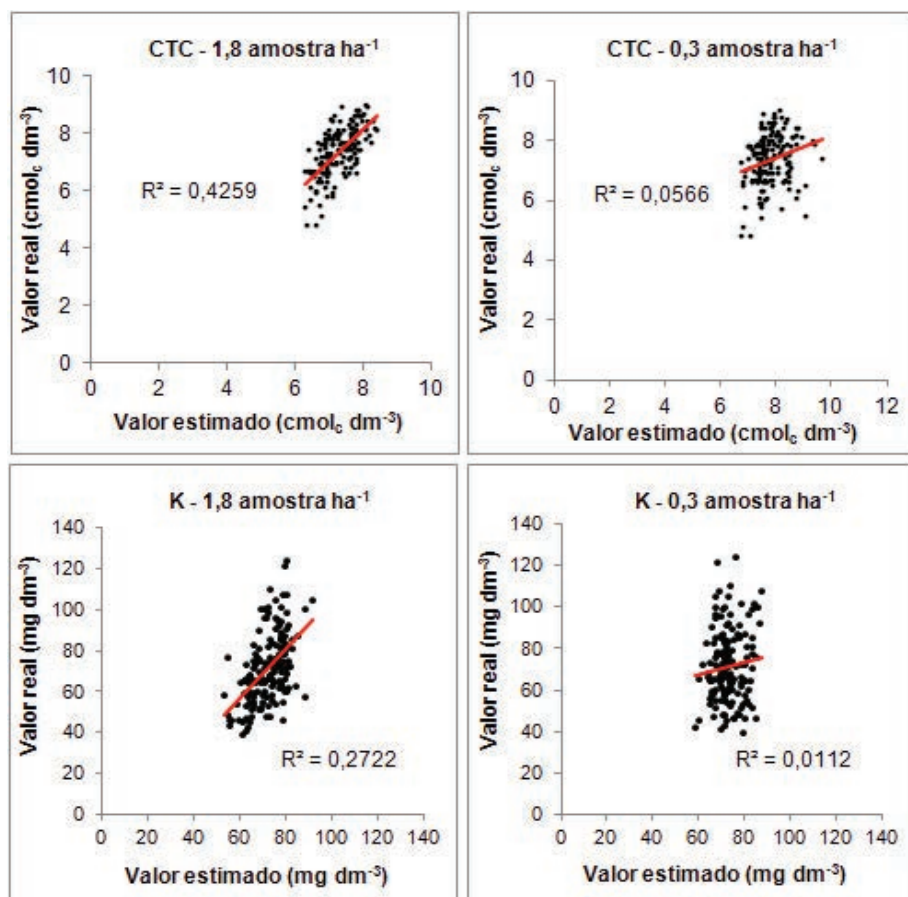


Figura 2. Valores estimados por meio da interpolação pelo inverso da distância e valores reais obtidos nas análises de solo para CTC e teor de potássio em duas densidades amostrais. A profundidade de coleta foi de 0 a 10 cm.

espacial, o objetivo é a redução da variabilidade espacial e temporal da rentabilidade da lavoura, ainda que isso possa implicar na elevação das diferenças em produtividade.

2.2. Amostragem em células

A amostragem em células compreende a coleta de subamostras no interior das quadrículas definidas pela malha de amostragem. Diferente da amostragem em pontos, neste caso não se realiza predição espacial, ou seja, os valores obtidos para cada célula representam o valor médio válido para aquela área, que deve ser toda percorrida para a coleta de um número maior de subamostras, geralmente 20. É como realizar a amostragem convencional, porém em uma escala espacial que permite um detalhamento maior. Este procedimento é mais robusto do que a amostragem em pontos, requerendo, entretanto, mais tempo para a execução.

A Figura 3 apresenta um esquema mostrando as diferenças entre os dois tipos de amostragem e a informação espacial resultante. Na amostragem em pontos, o mapa apresenta curvas resultantes dos valores estimados para os pontos não amostrados. Neste caso, uma amostra que apresenta problemas pode afetar negativamente os pontos estimados situados além da distância entre uma amostra e outra.

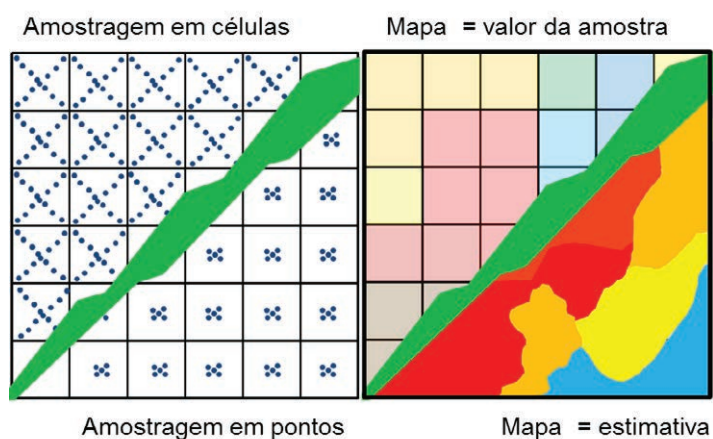


Figura 3. Tipos de amostragem em grade e mapa resultante. Em uma mesma malha é possível coletar as amostras segundo procedimentos distintos, gerando mapas com características particulares.

Considerando as baixas densidades amostrais praticadas na atualidade, e os consequentes erros das predições espaciais, o uso da amostragem em células pode trazer melhorias expressivas na representação da variabilidade dos teores de nutrientes quando comparada à amostragem em pontos. No caso da amostragem em pontos, a conquista de maior confiabilidade da distribuição espacial passará pela incorporação de sensores para medidas automatizadas, com elevação da densidade amostral, eliminando as incertezas da predição espacial.

3. CUIDADOS NA COLETA DAS AMOSTRAS

Todos os cuidados que são considerados na amostragem de solo no modo convencional também devem ser observados na amostragem localizada, respeitando-se a coleta de subamostras em profundidade e em volume suficiente.

A coleta realizada com instrumentos automatizados, como os amostradores de roscas, deve ser evitada, devido às limitações apresentadas por este equipamento. Dependendo da condição de

umidade e da granulometria do solo há um tipo de rosca mais indicado, porém, tanto umidade quanto granulometria variam em uma mesma área amostrada e ao longo do dia. A aderência de material na superfície da rosca reduz sua capacidade de perfuração e o volume coletado em cada perfuração. O desgaste das roscas também causa redução em sua capacidade de corte e remoção do solo. Além dessa limitação, as roscas podem coletar quantidades desproporcionais de solo na superfície e em profundidade, na medida em que se desgastam de modo desigual na extremidade e ao longo de seu comprimento. Por outro lado, podem ocorrer problemas na coleta de amostras nas áreas que receberam aplicação superficial de fertilizantes devido à estratificação do fertilizante. Havendo concentração de nutrientes na camada superior, pode-se, na coleta, remover um pouco mais de solo da camada superficial, superestimando os teores obtidos.

Além do problema de interação da ferramenta com o solo durante a coleta, quando se automatiza este tipo de processo ganha-se na capacidade de controle de alguns quesitos mas perde-se parte do controle de outros importantes. Isto é particularmente visível quando a automatização é tal que o operador não tem domínio em relação à posição de colocação do amostrador na superfície do solo, por exemplo, coletando palha ou amostras de solo na linha e entrelinha inadvertidamente. Os equipamentos montados em quadriciclos e outros veículos podem apresentar estas limitações. Este tipo de coleta também impede que se percebam problemas como bolsões de ar em subsuperfície, material estranho, regiões com superfície lavada, acúmulo de fertilizantes ou corretivos e pontos compactados.

A amostragem realizada com equipamentos manuais será sempre de qualidade superior àquela realizada de maneira automatizada. No entanto, como a amostragem é uma atividade sazonal, muitas vezes, dada a necessidade de maior capacidade operacional, não é possível realizá-la manualmente. Porém, no embate entre qualidade e quantidade, a primeira deve ser priorizada em qualquer procedimento de amostragem. O uso de sondas, como a apresentada na Figura 4, permite a coleta de maior volume de solo e um bom controle sobre a profundidade e ocorrência de mistura, além de possibilitar a coleta em maior faixa de umidade.



Figura 4. Sonda manual para coleta de amostras de solo. A coleta manual permite obter amostras com boa qualidade e oferece flexibilidade quanto ao momento de entrada no campo.

A posição de coleta das amostras em grade de pontos ou em células é geralmente definida com o auxílio de softwares que geram uma malha a partir de um mapa do perímetro da área a ser amostrada, na densidade desejada pelo usuário, de modo automatizado. Esta malha é inserida em um receptor de sinais GNSS (GPS, Glonass) ou em um console com programa para navegação. O operador pode, desta forma, “navegar” até o ponto ou interior da célula a ser amostrada e, assim, retirar as subamostras de acordo com o procedimento escolhido: próximas ao ponto ou de modo aleatório, percorrendo toda a célula.

Tal método é bastante prático, mas há alguns detalhes a observar. O software não reconhece se o ponto de coleta gerado estará posicionado sobre uma região que não deve ser amostrada, como curva de nível, formigueiro, erosão, carreador antigo ou se há acúmulo de palha deixado pela colhedora. Nestes casos, cabe ao operador coletar as amostras em região imediatamente ao lado e georreferenciar novamente o ponto.

Outro aspecto importante em relação ao posicionamento dos pontos diz respeito ao alinhamento das amostras. Deve-se evitar que as amostras estejam todas alinhadas, o que é padrão em malhas regulares, mas que pode ser facilmente alterado, como apresentado na Figura 5. Malhas desalinhadas evitam erros sistemáticos causados por fatores como linhas com concentração elevada de nutrientes.

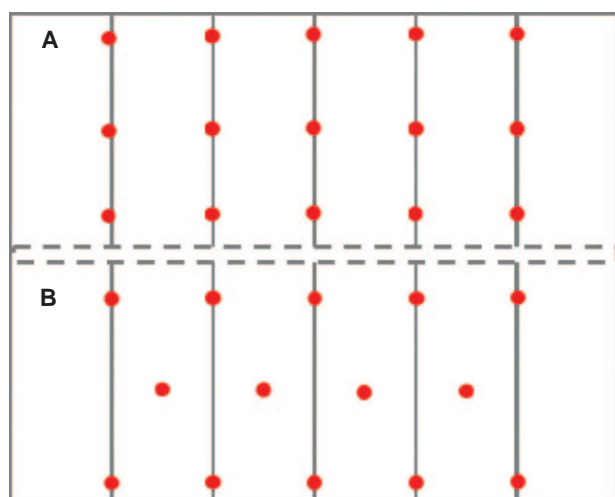


Figura 5. Grade em pontos apresentando a mesma densidade, porém, com alinhamento distinto: (A) amostras alinhadas, (B) amostras desalinhadas.

Com relação à profundidade de coleta, é importante manter aquela adotada ao longo dos anos, com a finalidade de permitir comparações. Em caso de mudança na profundidade de amostragem, é necessário estabelecer uma relação entre os resultados atuais e os resultados históricos. O manejo da fertilidade requer consulta ao histórico de fertilidade. Não se deve tomar decisão com base apenas no resultado de um ano.

Com a prática da aplicação de insumos em superfície promove-se o acúmulo de nutrientes na camada superficial do solo. A falta de conhecimento sobre esta estratificação pode conduzir a interpretações inadequadas da fertilidade do solo. Em muitos ambientes do Mato Grosso, onde ocorrem restrições hídricas e os solos são naturalmente pobres e ácidos, é fundamental conhecer a fertilidade da camada onde está a maior parte do sistema radicular, de 0 a 40 cm. Para entender como os teores dos nutrientes variam,

é necessário estratificar a amostragem, coletando-se, por exemplo, amostras nas camadas de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm. São recorrentes os casos nos quais a saturação por bases e os teores de nutrientes são altos nas amostras de 0 a 20 cm, porém, ao se estratificar a amostragem, nota-se que os níveis são baixos e muito baixos na camada de 10 a 20 cm e o sistema radicular fica concentrado na camada superior, principalmente devido à acidez do solo. Sabe-se que para a realização de aplicações de fertilizantes em superfície é necessário que o perfil esteja corrigido; entretanto, constata-se, em muitas situações, que isto não está sendo respeitado. Com a intensificação do sistema de produção, conjugando-se dois cultivos em uma safra e, portanto, colocando-se maior pressão do ambiente na segunda cultura, são esperadas severas restrições à produtividade em anos com precipitação mal distribuída ou abaixo da média.

4. MANEJO DA FERTILIDADE COM BASE EM INFORMAÇÕES ESPACIAIS

Os mapas de teores de nutrientes, se obtidos de modo adequado, permitem maior detalhamento das áreas e o fornecimento de fertilizantes e corretivos em taxa variada, ou mesmo mudanças na estratégia de fornecimento em função da dinâmica dos nutrientes nos solos que apresentam variada capacidade de retenção e potencial de lixiviação.

Algumas informações devem estar disponíveis para se averiguar a qualidade dos mapas e auxiliar na sua interpretação:

- Tamanho da área amostrada, data de início e término da coleta, profundidade, número de subamostras, instrumento utilizado, densidade amostral.
- Esquema de amostragem, com identificação do local, código das amostras e caminhamento no campo.
- Escala do mapa: 1 centímetro representa quantos metros?
- Orientação do mapa: como a área se insere no contexto da paisagem?
- Dois mapas para cada elemento e profundidade, um contendo a legenda com níveis de interpretação e outro contendo legenda detalhada, envolvendo todos os valores encontrados, em intervalos regulares – 5 a 7 classes são suficientes. Em ambos, o valor obtido pela análise de solo deve estar sobreposto no local onde foi realizada a amostragem.

• Padronização das cores das legendas para cada nutriente. Isto facilita a comparação entre mapas de anos distintos e entre talhões distintos. Uma alternativa é criar uma legenda que contenha classes, considerando desde o menor até o maior valor obtido em todos os talhões amostrados. Pode-se elevar o número de classes na legenda para melhorar o detalhamento.

• Método de predição espacial adotado. Caso seja utilizado procedimento geoestatístico, devem ser apresentados os modelos do semivariograma com seus parâmetros.

• Planilha contendo os resultados analíticos do laboratório com identificação e coordenadas geográficas das amostras, além de data de entrada e data de saída para cada resultado. Devem ser apresentadas as unidades e expressos os métodos de análise. É importante manter amostras de referência e controlar os resultados dos laboratórios utilizados com frequência. Nesta planilha, é interessante que estejam sumarizados a média, os maiores e menores valores e o coeficiente de variação para cada parâmetro analisado. Um histograma também auxilia muito na interpretação dos resultados.

Na decisão em relação às práticas de manejo, é imprescindível levar em consideração não apenas as informações provindas dos mapas, mas também aquelas referentes ao histórico de cultivos, de fertilidade e das práticas de correção e adubação adotadas nos anos anteriores. A comparação de maior quantidade de dados relativos à área implica em informação mais consistente e o consequente diagnóstico referente à variabilidade presente tenderá a ser mais acertado.

4.1. Interpretação dos resultados

Cada profissional possui uma maneira própria de avaliar os resultados de fertilidade, porém, seguem aqui algumas sugestões.

- Antes de avaliar os mapas, verificar os valores da planilha de resultados apresentada pelo laboratório buscando identificar a variabilidade presente, ou seja, se os valores apresentam alguma tendência em função da ordem de caminhamento no campo ou mesmo da ordem em que as amostras foram analisadas no laboratório. Verificar também se existem valores extremos. Anotar valores suspeitos.

- Coeficientes de variação menores que 10% podem ser considerados baixos e, desta forma, pode ser difícil justificar intervenções localizadas, no caso de fertilizantes. Deve-se tomar cuidado, entretanto, na interpretação dos coeficientes de variação dos parâmetros utilizados na recomendação de calagem – neste caso, coeficiente de variação de 10% pode gerar mapas de recomendação com doses oscilando em toneladas por hectare. Nos resultados analíticos, também é importante atentar para a ocorrência de pontos com valores extremos. Estes pontos devem ser eliminados e o cálculo deve ser refeito. Para isto, a disponibilidade dos resultados no formato digital é bastante útil.

- Efetuar a análise dos dados analíticos de acordo com o procedimento utilizado na interpretação da análise de rotina, escolhendo alguns pontos e verificando se as relações entre pH e alumínio, capacidade de troca de cátions e matéria orgânica ocorrem em conformidade com as recomendações técnicas oficiais.

- Na análise dos mapas, sugere-se iniciar por aqueles que possuem legenda com valores absolutos. Verifique se os pontos demarcados na tabela de resultados aparecem como manchas muito distintas em relação ao padrão apresentado. Caso isto ocorra, estes pontos podem representar erros. Da mesma forma, verifique se existem manchas redondas e regulares com valores muito diferentes daqueles apresentados pelos pontos ao seu redor, o que também pode representar erro. Veja se ocorre tendência nos resultados em função da ordem de coleta. Os mapas devem apresentar continuidade nos valores. Mudanças abruptas, saltando de uma classe da legenda

para outra distante, são indicativas de erros e deve-se revisar todo o procedimento e mesmo realizar uma nova amostragem. Após uma análise detalhada deste mapa, proceda à análise do mapa que possui os níveis de interpretação e, se for o caso, os de prescrição.

- Compare os mapas de elementos distintos, mas que apresentam relações positivas ou negativas entre si, por exemplo, espera-se que os valores de pH apresentem relação positiva com os da saturação por bases e negativa com os da saturação por alumínio.

4.2. Aplicação em taxa variável

Este tópico merece especial atenção.

Atualmente, os distribuidores centrífugos são utilizados como ferramentas básicas para a aplicação de produtos em dose variável na prática agrícola, e respondem por boa parte da frota de equipamentos para aplicação de fertilizantes e corretivos nas lavouras de grãos. São equipamentos largamente utilizados por apresentarem economia de operação, facilidade de manutenção e alto rendimento, entretanto, apresentam sérios problemas de desuniformidade na aplicação do produto. Em artigo de Luz et al. (2010), intitulado “Otimização da aplicação de corretivos agrícolas e fertilizantes”, publicado no *Informações Agrônomicas* n. 129, foi apresentada ótima revisão sobre o assunto. Porém, apesar dos alertas, constata-se a campo que ainda há muito por fazer, sobretudo quando a pressão por aumento da capacidade operacional resulta no projeto e desenvolvimento de máquinas com baixa qualidade de distribuição.

Somente é possível conhecer a qualidade da aplicação dos distribuidores centrífugos se esta for caracterizada em condições de campo, com o uso de coletores de fertilizantes e operando na velocidade, dose e com o produto que se deseja aplicar. Desta forma, para garantir a qualidade da aplicação é necessário realizar testes, sendo que não basta o uso de coletores apenas no centro da passada e entre um rastro e outro, mas sim a distribuição de, no mínimo, dez coletores para verificar o perfil de distribuição, que deve apresentar coeficiente de variação abaixo de 15%, ou seja, 15% de variação média da dose ao longo da faixa. A Figura 6 ilustra o perfil da aplicação de cloreto de potássio por um distribuidor centrífugo. À esquerda (A), é apresentado o perfil de deposição, que representa a quantidade de produto aplicada em uma passada do distribuidor; à direita (B), é demonstrada a variação relativa da dose aplicada considerando as sobreposições das passadas laterais. Para este perfil, o coeficiente de variação, que representa a variação média da dose aplicada, foi de 24%, bastante superior ao adequado, mas representativo de muitas máquinas em operação no campo.

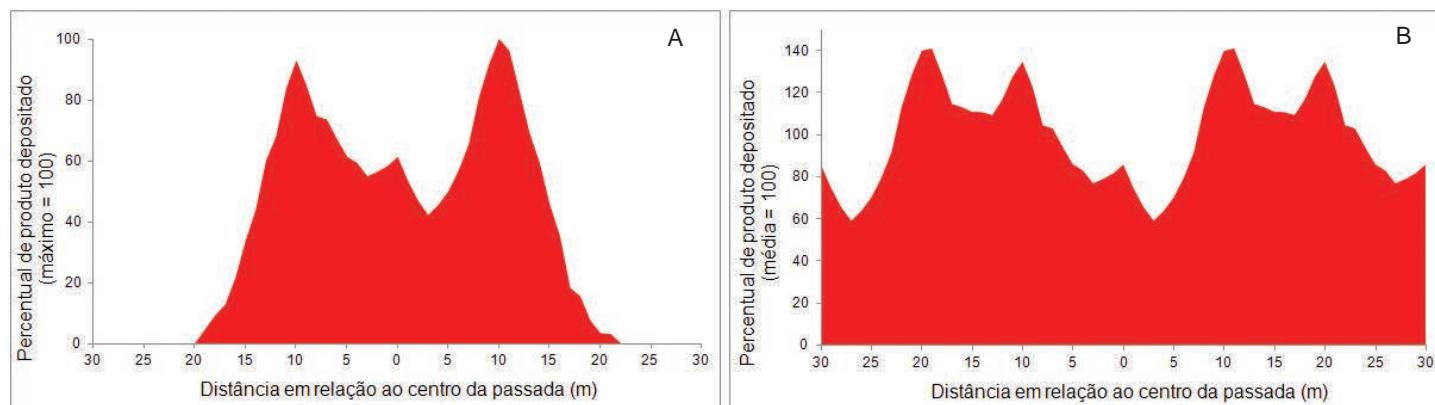


Figura 6. (A) Perfil transversal da distribuição de cloreto de potássio por um distribuidor centrífugo de uso comum no Mato Grosso; (B) perfil de deposição na lavoura considerando a sobreposição. O coeficiente de variação foi de 24%.

Outras limitações destes equipamentos são a ocorrência de segregação, no caso da mistura de grânulos, e o fato de sua largura efetiva variar em função da dose do produto aplicado, sendo este efeito particularmente severo no caso dos corretivos, para os quais o volume de produto sobre os discos distribuidores varia muito e, com isso, varia também a distância na qual o produto é lançado. No caso da aplicação em taxa variável, deve-se verificar a largura efetiva da máquina para a menor e a maior dose a ser empregada. O desrespeito a esta recomendação deve gerar um mapa de aplicação em taxa variável irregular, ora apresentando faixas largas, ora apresentando faixas estreitas.

Por fim, no que se refere à aplicação de fertilizantes e corretivos em taxa variável, é importante atentar para o tempo de resposta na alteração da dosagem a ser realizada pelo equipamento. O tempo de resposta se refere ao período necessário para que o equipamento altere a dose do produto aplicado. Os distribuidores centrífugos aplicam o produto em faixas largas, e utilizam mecanismo dosador do tipo esteira. Como sobre a esteira há uma grande carga, devido ao peso do produto, podem ser necessários alguns segundos para alterar a velocidade da esteira e, com isso, a taxa de produto que deixa o reservatório do distribuidor e chega aos discos para distribuição. Operando-se em velocidades elevadas, de 20 km h⁻¹ ou superiores, uma área razoável pode receber doses acima ou abaixo das desejadas. Na Figura 7 são apresentados gráficos demonstrando o perfil de deposição de cloreto de potássio em situação de redução (A) e de aumento (B) da dose aplicada por meio de um distribuidor centrífugo equipado para aplicações em taxa variável, com grande participação no mercado. Observa-se no eixo horizontal, da distância, e no vertical, da dose aplicada, que a alteração não é instantânea, sendo necessários vários metros para sair de um patamar de dose e chegar a outro, sendo que, para este tipo de equipamento, a distância percorrida é maior no caso do aumento da dose, do que na redução da dose. Portanto, ao trabalhar em passadas lado a lado, quando a dose for alterada para contemplar

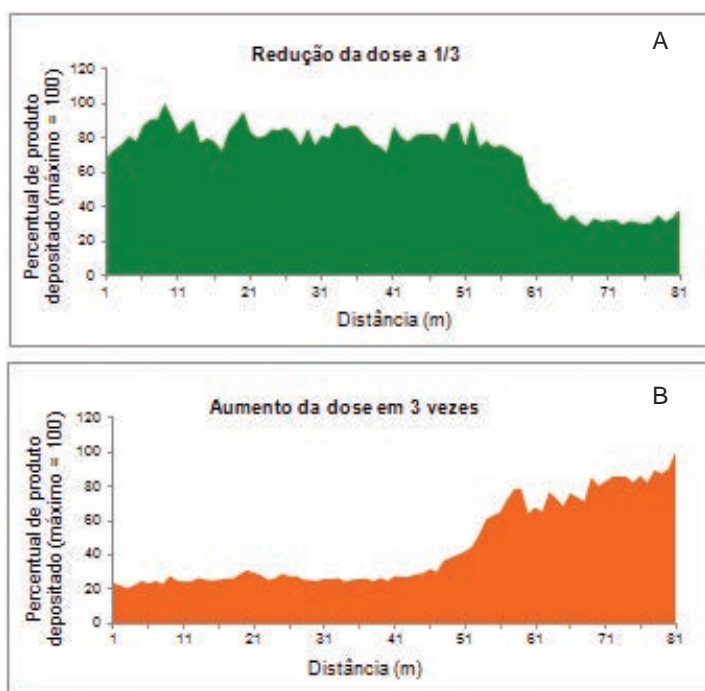


Figura 7. Perfil de deposição de cloreto de potássio em função da variação da dose de um distribuidor centrífugo utilizado na aplicação de insumos em taxa variável. A distância percorrida até atingir a nova dose foi de 22 m, para redução da dose, e 71 m, para aumento da dose.

as exigências dos mapas de aplicação, haverá doses acima e abaixo daquelas desejadas. No mesmo sentido, este tipo de equipamento apresenta problemas com a aplicação de produtos em taxa variável em tempo real utilizando sensores, quando é necessário alterar a dose em décimos de segundo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo da fertilidade por intermédio de amostragem localizada deve ser entendido como o aprimoramento dos procedimentos de amostragem em taxa fixa, utilizados na agricultura tradicional. Desta forma, todos os cuidados referentes à coleta das amostras e à interpretação dos resultados devem ser observados.

A densidade de amostragem necessária à caracterização da variabilidade espacial por meio da amostragem em grade na metodologia de pontos pode ser considerada elevada em face dos custos de coleta e análises laboratoriais. Assim, para obter informações mais detalhadas da variação da fertilidade pode ser adotado o procedimento da amostragem em células, que, embora mais trabalhoso, reduz as incertezas e permite trabalhar, de forma segura, com densidades amostrais menores.

A amostragem em pontos e posterior predição espacial através de interpolação deve ser entendida como procedimento arriscado e pouco confiável quando o espaçamento entre as amostras é superior àquele em que estas se relacionam espacialmente. Em tais circunstâncias, o uso da informação destes mapas pode levar à aplicação inadequada de fertilizantes e, com isso, ao aumento da variabilidade. Isto não impede que o procedimento seja utilizado com resultados satisfatórios, mas recomenda-se a implantação gradual do método, realizando estudos locais por intermédio de amostragens com maior densidade para verificar como a variabilidade se processa em determinado sistema de produção.

A intensificação do sistema de produção visando a realização de duas safras ou a prestação de serviço de aplicação em área maior conduz à aplicação de insumos em superfície com distribuidores centrífugos que possuem maior capacidade operacional, mas cuja qualidade de distribuição é variável e de determinação trabalhosa. Tal estratégia, aliada a amostragens sistemáticas e automatizadas do solo, pode levar ao desconhecimento acerca da variabilidade espacial e estratificação de nutrientes no perfil do solo, com impactos negativos sobre o manejo da fertilidade do solo, gerando, inclusive, maior variabilidade que a original.

LITERATURA CONSULTADA

- ASAE. AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Procedure for measuring distribution uniformity and calibrating granular broadcast spreaders**. St. Joseph, 2004. p. 197-201. (Standards of ASAE: ASAE S341.3 FEB04)
- BENARDI, A. C. C.; GIMENEZ, L. M.; MACHADO, P. L. O. A.; SILVA, C. A. Aplicação de fertilizantes a taxas variáveis. In: **Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. p. 153-164.
- GIMENEZ, L. M.; MOLIN, J. P. Fertilidade do solo e sua influência no rendimento das culturas – Proposta de uma metodologia para definição de unidades de manejo. In: **SIMPÓSIO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO**, 3., 2002, Piracicaba. **Relação de trabalhos**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2001. CD-ROM.
- LUZ, P. H. C.; OTTO, R.; VITTI, G. C.; QUINTINO, T. A.; ALTRAN, W. S.; IKEDA, R. Otimização da aplicação de corretivos agrícolas e fertilizantes. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.129, p. 1-13, Março 2010.
- MACHADO, P. L. O. A.; SILVA, C. A.; BENARDI, A. C. C.; CARMO, C. A. F. S.; VALENCIA, L. I. O.; MEIRELLES, M. S. P.; MOLIN, J. P.; PAULETTI, V.; GIMENEZ, L. M. Variabilidade de atributos de fertilidade e espacialização da recomendação de adubação e calagem para a soja. In: **Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. p. 115-130.
- MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. 722 p.
- YULE, I.; LAWRENCE, H. Accuracy and confidence around broadcast spreaders transverse patter testing methods. In: **2008 ASABE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING**, ASABE Paper number: 084027. ASABE: St. Joseph, Mich. 2000.

PROMOVENDO O USO EFICIENTE DE FÓSFORO E DE MICRONUTRIENTES NOS SOLOS TROPICAIS

Dr. Luís Prochnow e Dr. Valter Casarin foram convidados a participar do XIX Congresso LatinoAmericano de la Ciencia del Suelo e XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, realizado em Mar del Plata, Argentina, em abril último.

Dr. Luís fez duas apresentações. Sua primeira palestra foi sobre o manejo de fósforo em solos tropicais. Em outra palestra, resumiu os resultados iniciais do projeto global de milho no cerrado do Brasil. Dr. Prochnow mostrou como a inclusão da *Brachiaria* elevou a produção de soja nos primeiros anos de introdução da gramínea em sistema de produção soja-milho e como a aplicação de doses adequadas de nitrogênio teve reflexo no aumento da produção de milho. “Fiquei feliz por ser convidado para este importante evento e realmente espero que os princípios discutidos nestas palestras sirvam à necessidade de muitos em toda a América Latina”, disse Dr. Prochnow.

Dr. Valter Casarin ministrou palestra sobre aspectos conceituais e práticos da adubação foliar com micronutrientes durante um dos Simpósios. “Muito se tem discutido sobre micronutrientes na agricultura, mas muitas dúvidas ainda persistem sobre sua utilização e aplicação na América Latina”, disse Dr. Casarin.



Dr. Prochnow e Dr. Casarin durante as palestras.

NOVO MANUAL DO IPNI - ESTADOS UNIDOS

O International Plant Nutrition Institute (IPNI) lançou uma nova publicação intitulada *4R Plant Nutrition: A Manual for Improving the Management of Plant Nutrition*. O manual foi lançado durante os eventos Great Plains Soil Fertility Conference e Nutrient Stewardship Summit, realizados em Denver, Colorado, em março deste ano.

“O Manejo de Nutrientes 4C é uma abordagem inovadora sobre as melhores práticas de manejo de fertilizantes adotada pela indústria de fertilizantes em todo o mundo”, explica Dr. Terry L. Roberts, Presidente do IPNI. “Esta abordagem considera as dimensões econômicas, sociais e ambientais do manejo de nutrientes e é essencial para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. O conceito

4C é simples – aplicar a fonte certa de nutrientes, na dose certa, na época certa e no local certo”. O manual se destina a auxiliar o leitor a se adaptar e integrar esses princípios fundamentais em um método abrangente de manejo de nutrientes que atenda aos critérios de sustentabilidade. Uma mistura de módulos de aprendizagem e estudos de caso demonstram a universalidade do conceito de Manejo de Nutrientes 4C por meio da sua aplicação a diversos sistemas de cultivo utilizados nas pequenas propriedades, grandes fazendas e plantações comerciais.

Mais informações sobre este manual e outras atividades relacionadas podem ser encontradas no endereço: <http://info.ipni.net/4Rmanual>.

III SIMPÓSIO REGIONAL DO IPNI SOBRE BOAS PRÁTICAS PARA USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES

O III Simpósio Regional do IPNI sobre Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes ocorrido em Luis Eduardo Magalhães, BA, em maio último, teve como o objetivo otimizar o uso de fertilizantes nos sistemas de produção agrícola com ênfase na região Nordeste, visando o aumento da produtividade e a redução dos custos de produção.

O evento contou com a participação de renomados pesquisadores de importantes instituições de pesquisa e ensino do Brasil, que enfatizaram as práticas de suporte e manejo para o uso eficiente de corretivos e fertilizantes. Procurou-se transferir, de forma prática, os resultados mais recentes da pesquisa relacionados ao uso adequado destes importantes insumos, favorecendo, desta forma, as necessidades do setor.

Este simpósio é a continuidade de um programa lançado pelo IPNI Brasil em 2010 que prevê um amplo conjunto de medidas para a difusão das informações sobre o uso eficiente de fertilizantes por todo o país.

Veja, a seguir, alguns momentos do Simpósio.



Dr. Eros, Diretor Adjunto do IPNI, na abertura do Simpósio.



Vista parcial da platéia.



Palestrantes, organizadores e participantes do Simpósio (da esquerda para a direita): Volnei Pauletti, Clóvis Ceolin, Eduardo Fávero Caires, Antonio Pádua Cruz, Antonio Luiz Fancelli, Valter Casarin, Eros Francisco, Pedro Henrique Cerqueira Luz, Leandro Zancanaro, Ingbert Dowich.

SISTEMAS DE CULTIVO E USO DE DIFERENTES ADUBOS NA PRODUÇÃO DE SILAGEM E GRÃOS DE MILHO

GUSTAVO CASTOLDI; MÔNICA SAROLLI SILVA DE MENDONÇA COSTA; LUIZ ANTONIO DE MENDONÇA COSTA; LAÉRCIO AUGUSTO PIVETTA; FÁBIO STEINER. *Acta Scientiarum*, v. 33, n. 1, p. 139–146, 2011.

O milho tem importante papel dentro dos sistemas integrados e sustentáveis de produção, especialmente no Estado do Paraná. Por ser uma das mais importantes gramíneas para o cultivo comercial na safra de verão e fornecer expressiva quantidade de palha e matéria orgânica ao sistema, o milho adequa-se muito bem ao Sistema Plantio Direto –SPD. Estratégias como a utilização de plantas de cobertura também se encaixam perfeitamente em um sistema sustentável de produção, pois estas contribuem para a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo. Tais melhorias possibilitam incrementos nas produtividades das culturas. A aplicação de resíduos agropecuários é outra potencial alternativa. Estudos comprovam a eficiência de dejetos suínos e cama de aviário na produção de milho.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho do milho para produção de silagem e de grãos, quando submetido a diferentes sistemas de cultivo (sucessão e rotação de culturas), bem como sua resposta a diferentes adubações (mineral, orgânica e organomineral).

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Prof^o. Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente ao Núcleo de Estações Experimentais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, localizada no município de Marechal Cândido Rondon, Estado do Paraná. O delineamento experimental adotado foi de blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 2 x 3, composto por dois sistemas de cultivo (plantio direto com sucessão de culturas e plantio direto com rotação de culturas) e três fontes de adubação (orgânica, mineral e organomineral), com quatro repetições, totalizando 24 parcelas experimentais. Cada unidade experimental apresentava 12 m de comprimento e 7,4 m de largura, totalizando uma área de 88,8 m². As avaliações compararam os diferentes sistemas dentro de um ano agrícola (2006/2007). Os tratamentos foram compostos pela associação entre os sistemas de cultivo e as adubações.

O sistema em sucessão foi implantado em 12 parcelas, as quais foram semeadas com trigo no inverno e milho no verão, e ambas as culturas foram adubadas, conforme o delineamento, com as diferentes fontes de adubação: mineral, orgânica ou organomineral. As parcelas adubadas mineralmente receberam 50 kg ha⁻¹ de N, 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O. O nitrogênio foi parcelado, com a aplicação de 25 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia, por ocasião da emergência, e o restante (25 kg ha⁻¹) no período de perfilhamento. As parcelas orgânicas foram adubadas exclusivamente com biofertilizante de origem suína, aplicado sobre a superfície do solo três dias antes da semeadura, na quantidade de 25 m³ ha⁻¹, para suprir a necessidade de nitrogênio da cultura (50 kg ha⁻¹). As parcelas organominerais também receberam 25 m³ ha⁻¹ de biofertilizante de suínos, além das complementações de P e K (distribuídas manualmente a lanço por ocasião da semeadura),

nas formas de SFS e KCl, respectivamente, nas quantidades de 5 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 15 kg ha⁻¹ de K₂O.

O sistema em rotação foi implantado nas demais parcelas e recebeu um consórcio de adubos verdes no inverno e milho no verão. O consórcio de adubos verdes, contendo aveia-preta (*Avena strigosa*), ervilhaca peluda (*Vicia villosa*) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), nas quantidades de 50 kg, 20 kg e 10 kg de semente por hectare, respectivamente, foi semeado mecanicamente e sem nenhum tipo de adubação. Os adubos verdes foram manejados após a fase de florescimento do nabo forrageiro, de modo que os resíduos vegetais permanecessem sobre a superfície do solo. Antes do plantio do milho, quantificou-se a matéria seca deixada pelo consórcio de adubos verdes.

Conclusões

Para produção de silagem de planta inteira, os sistemas e as adubações não diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$). Para produção de silagem de grão úmido, o sistema em sucessão e a adubação mineral mostraram-se superiores aos demais, produzindo 10.823 kg ha⁻¹ e 10.815 kg ha⁻¹, respectivamente, não incrementando, contudo, a qualidade à silagem (Tabela 1). Já na colheita dos grãos, o sistema em sucessão produziu em média 6.820 kg ha⁻¹ e foi superior ao sistema em rotação. A adubação mineral foi superior às demais, produzindo em média 7.277 kg ha⁻¹, contudo apresentou 54,62% de plantas acamadas, fato este que resultaria em perdas significativas na produtividade, caso a colheita tivesse sido mecanizada.

Tabela 1. Médias de massa de matéria seca de parte aérea (MMSPA), massa de grãos com 35% de umidade (MGU) e teor de proteína bruta no grão (PB) de milho cultivado em diferentes sistemas e adubações. Unioeste, Marechal Cândido Rondon, PR, 2007.

	MMSPA	MGU	PB
	----- (kg ha ⁻¹) -----		(%)
Sistema			
Sucessão	10.806 A	10.823 A	8,87 A
Rotação	10.008 B	9.612 B	8,34 A
DMS	772	811	0,28
Adubação			
Mineral	10.685 A	10.815 A	8,88 A
Orgânica	10.396 A	10.246 AB	8,66 A
Organomineral	10.140 A	9.595 B	8,28 A
DMS	1.153	1.211	0,42
CV (%)	8,53	9,12	3,77

Médias seguidas por letras iguais, na coluna e para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA BRASILEIRA CRESCER MAIS QUE A MUNDIAL

Ampliação do crédito rural e incentivo à exportação e à pesquisa são apontados como fatores que impactaram positivamente o crescimento da agricultura brasileira nos últimos 30 anos, especialmente com o aumento da produtividade. Enquanto no Brasil a produtividade da agricultura cresce a taxa média de 3,56% ao ano, no mundo, essa taxa decresce. É o que aponta estudo realizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Segundo o coordenador da Assessoria de Gestão Estratégica do Ministério, José Garcia Gasques, o efeito mais forte sobre a produtividade está relacionado aos gastos com pesquisa. Um aumento de 1% nesses gastos resulta em acréscimo de 0,35% sobre a produtividade. Na sequência, vem o aumento dos desembolsos por conta do crédito rural a produtores, cooperativas e agricultura familiar de 0,25%. Já os resultados para as exportações da agricultura mostram um aumento de 1% das exportações do agronegócio em decorrência do aumento de 0,14% da produtividade.

A atuação da pesquisa sobre a produção se dá através das possibilidades que abre em termos de descobertas de novas variedades, mais resistentes e produtivas, técnicas de manejo mais aprimoradas, novas formas de plantio, aprimoramento da qualidade dos insumos, etc. Os efeitos não são imediatos, mas cumulativos. Por isso, os resultados ocorrem após certo período de tempo que depende do tipo de pesquisa, entre outros fatores. Os efeitos do crédito rural sobre a produtividade ocorrem porque possibilita aos agricultores a aquisição de insumos de melhor qualidade, a adoção de melhores tecnologias e possibilita a ampliação da escala de produção pela aquisição de mais terra ou novos equipamentos. Por outro lado, as exportações afetam a produtividade por duas razões principais. A primeira é que a ampliação das vendas ao exterior requer o aprimoramento da qualidade dos produtos e com isso a incorporação de melhorias na produção que somente acontece com maior produtividade. A segunda razão é que, para exportar, é necessário o país ser competitivo e isso requer aumentos de produtividade para que seja possível produzir com menores custos. (Globo Rural *on line*)

CITRICULTURA COM MENOS AGROTÓXICOS

O uso de adjuvantes na citricultura, aliado à tecnologia de regulação de pulverizadores desenvolvida pelo Instituto Agronômico de Campinas, permite que o produtor reduza em até 50% a necessidade de agrotóxico e água na pulverização, diminuindo os custos do tratamento fitossanitário dos pomares e elevando a segurança ambiental, alimentar e do trabalhador por meio da redução dos desperdícios.

A proposta do IAC é fazer o cálculo da quantidade de defensivos agrícolas a ser utilizada por intermédio do volume por metro cúbico de árvore cítrica. “Recomendamos que se utilize 40 ml de calda por m³ de copa para pulverização externa, ou planta sem fruto, e até 100 ml por m³ para plantas com frutos e extremamente produtivas na definição do ponto de escorrimento. Os produtores que adotaram essa metodologia conseguiram reduzir de 30% a 50% o volume de água utilizada, o que garante economia na aplicação e diminuição do tempo de trabalho dos pulverizadores”, explica o diretor-geral do IAC, Hamilton Humberto Ramos. (IAC Notícias)

PRIMEIRA USINA 'FLEX' JÁ FUNCIONA EM MATO GROSSO

O Brasil entrou definitivamente na produção comercial de etanol de milho. Já está funcionando em Campos de Júlio, Mato Grosso, a primeira usina flex. No período da safra de cana-de-açúcar a usina processa cana. Na entressafra, passa a utilizar grãos como matéria-prima. A primeira opção foi a utilização do milho, mas o processamento de sorgo deverá ser o próximo passo.

Sérgio Barbieri, diretor da Usimat Flex, diz que o resultado está sendo bom. Com processamento diário de 300 toneladas de milho, a usina obtém 350 litros por tonelada, 220 kg de resíduos que podem ser utilizados na composição de ração e 20 kg de óleo.

Nas duas pontas da produção, Barbieri diz que o custo de produção do etanol de cana é de R\$ 1,10 por litro, enquanto o de milho é de R\$ 1,23. Nesse cálculo não está incluída a comercialização dos resíduos do milho.

Barbieri destaca a importância desse álcool, que será negociado na região. “Mato Grosso tem tudo, mas não tem logística”. Ou seja, o produto substitui o combustível vindo de outras regiões e diminuiu o “passeio” do milho pelo país.

O Brasil dá um passo para a construção de uma tecnologia própria na produção de etanol de milho, afirma Vital Silva Nogueira, gerente industrial da Usimat Flex. Ele dá a dimensão dos investimentos para quem quiser fazer uma usina de produção de álcool de milho. Um projeto com capacidade de moagem de 500 toneladas de milho por dia necessita de R\$ 20 milhões, se for uma usina “flex”. Um projeto independente necessitaria de R\$ 40 milhões. (Folha de São Paulo, 08/03/2012)

FLORESTAS NATIVAS PODEM RENDER MAIS QUE PECUÁRIA

Recuperar áreas desmatadas em São Paulo antes ocupadas pela Mata Atlântica com o plantio de espécies nativas e exóticas pode ser mais rentável do que a atividade pecuária, afirma o diretor-executivo do International Institute for Sustainability (IIS), Bernardo Strassburg. A ideia é que o produtor ganhe com recuperação do solo, venda de árvores e no recebimento por serviços ambientais. Ele explica que estão em desenvolvimento modelos de instalação, produção e comércio para seringueira e palmeira-jussara.

Segundo Strassburg, a intenção é que as espécies possam ser consideradas modelo desse tipo de atividade, que une produção e conservação, pois ambas têm plantio difundido pelo país e podem continuar sendo lucrativas se misturadas com outras espécies da Mata Atlântica.

O plantio convencional da seringueira rende uma média de R\$ 4.500,00 por hectare por ano. Com a pecuária, a média é de R\$ 100,00 por hectare por ano. “Temos de ver agora que impacto o plantio da seringueira em florestas nativas tem nesse rendimento”, diz. Especialistas afirmam que a rentabilidade da seringueira em locais de mata nativa pode chegar a ser a mesma de uma plantação convencional. “Mesmo que caia pela metade ainda é maior do que a da pecuária”.

O objetivo é juntar esforços para promover a utilização de florestas nativas para fins comerciais, para que ela seja vista pelos produtores rurais como uma solução rentável, não um problema. Entretanto, especialistas apontam que o desafio principal para o desenvolvimento de um plano de implantação de florestas nativas com fins econômicos é acabar com o gargalo na instalação das florestas, pois mercado para comercializar os produtos já existe. (Portal do Agronegócio)

CURSOS, SIMPÓSIOS E OUTROS EVENTOS

1. 19º CURSO DE CITRICULTURA

Local: Centro APTA de Citros “Sylvio Moreira”, Rodovia Anhanguera, km 158, Cordeirópolis, SP
Data: 2 a 12/JULHO/2012
Informações: Rodrigo Rocha Latado
Email: eventos@centrodecitricultura.br
Website: www.centrodecitricultura.br

2. SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES E MAGNÉSIO

Local: Anfiteatro do Pavilhão de Engenharia, ESALQ, Piracicaba, SP
Data: 4 a 6/JULHO/2012
Informações: GAPE
Email: gape@esalq.usp.br
Telefone: (19) 3417-2138

3. 41º CONBEA - CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

Local: Colégio Marista, Av. Maringá, 78, Londrina, PR
Data: 15 a 19/JULHO/2012
Informações: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola
Email: conbea.sbea@gmail.com
Website: www.sbea.org.br/sgcd

4. V CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA II SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS I FÓRUM CAPIXABA DE PINHÃO-MANSO

Local: SESC, Centro de Turismo de Guarapari, ES
Data: 16 a 19/JULHO/2012
Informações: SESC
Email: eventos@es.sesc.com.br
Website: www.cbmamona.com.br/index.php

5. XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

Local: Centro de Eventos do Hotel Majestic, Águas de Lindóia, SP
Data: 26 a 30/AGOSTO/2012
Informações: Mayara
Email: mayara@apta.sp.gov.br
Website: www.milhoesorgo.com.br

6. FENASUCRO E AGROCANA 2012

Local: Centro de Exposições Zanini, Sertãozinho, SP
Data: 28 a 31/AGOSTO/2012
Informações: Multiplus Feiras e Eventos
Email: multiplus@mfe.com.br
Website: www.fenasucroegrocana.com.br

7. IV CONGRESSO FLORESTAL DO PARANÁ

Local: Centro de Eventos, Curitiba, PR
Data: 10 a 14/SETEMBRO/2012
Informações: Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal-APRE
Email: contato@congressoflorestalpr.com.br
Website: <http://www.congressoflorestalpr.com.br>

8. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO – CONBAP

Local: Hotel JP, Via Anhanguera, km 306,5, Ribeirão Preto, SP
Data: 24 a 26/SETEMBRO/2012
Informações: Secretaria do evento
Email: sbea@sbea.org.br
Website: www.sbea.org.br/sbea/index.php#91,97

9. 8º CURSO DE DOENÇAS DOS CITROS E SEU MANEJO

Local: Centro de Citricultura Sylvio Moreira, Instituto Agrônomo, Rodovia Anhanguera, km 158, Cordeirópolis, SP
Data: 25 a 27/SETEMBRO/2012
Informações: Fernando Alves de Azevedo
Telefone: (19) 3546-1399
E-mail: eventos@centrodecitricultura.br

10. 3º SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA RESISTÊNCIA A PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS

Local: Anfiteatro da Engenharia, ESALQ/USP, Av. Pádua Dias, s/nº, Piracicaba, SP
Data: 3 a 4/OUTUBRO/2012
Informações: FEALQ
Email: cdt@fealq.org.br
Website: www.fealq.org.br

11. 7ª ESPAÇO CAFÉ BRASIL - FEIRA INTERNACIONAL DO CAFÉ

Local: Expo Center Norte - Pavilhão Azul, São Paulo, SP
Data: 4 a 6/OUTUBRO/2012
Informações: Café Editora
Email: contato@espacocafebrasil.com.br
Website: www.espacocafebrasil.com.br

12. GRANULAR FERTILIZERS PRODUCTION

Local: Bangkok, Tailândia
Data: 12 a 16/NOVEMBRO/2012
Informações: IFDC
Email: training@ifdc.org
Website: www.ifdc.org

PUBLICAÇÕES RECENTES

1. 4R PLANT NUTRITION MANUAL

Editor: IPNI; 2012.

Conteúdo: Goals for sustainable agriculture; the 4R nutrient stewardship concept; right source; right rate; right time; right place; adapting practices to the whole farm; supporting practices; nutrient management planning and accountability.

Preço: US\$ 40,00

Número de páginas: 130

Pedidos: IPNI

Website: www.ipni.net

Email: circulation@ipni.net

2. NUTRIÇÃO DE PLANTAS – DIAGNOSE FOLIAR EM FRUTÍFERAS

Autor: Renato de Mello Prado; 2012.

Conteúdo: A fruticultura brasileira: história e desafios; avanços e desafios da nutrição mineral de frutíferas; impacto do estresse abiótico na fisiologia, na nutrição mineral e no crescimento de plantas no contexto das mudanças climáticas; contribuição do uso eficiente de fertilizantes na nutrição das plantas; contribuição do DRIS para o manejo da adubação de frutíferas; Diagnose foliar de mudas cítricas; diagnose foliar na cultura do citros; diagnose foliar na cultura da banana; diagnose foliar nas culturas do maracujá e do abacaxi; diagnose foliar na cultura do mamão; diagnose foliar nas culturas da maçã e da uva; diagnose foliar na cultura da manga; diagnose foliar na cultura do coco; diagnose foliar nas culturas do caju e do caqui; diagnose foliar nas culturas da goiaba e da carambola; diagnose foliar na cultura do cacau; diagnose foliar nas culturas do abacate, acerola e nectarina; diagnose foliar nas culturas do figo e da pera; diagnose foliar nas culturas de noz-macadâmia e da lichia; diagnose foliar em anonáceas; diagnose foliar nas culturas do rambutan e jabuticaba.

Preço: R\$ 65,00

Número de páginas: 579

Pedidos: FUNEP

Telefone: (16) 3209-1306

Website: www.funep.org.br/index_livraria.php

3. MARCO REFERENCIAL: INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

Editores: Balbino, L. C.; Barcellos, A. O.; Stone, L. F.; 2011.

Conteúdo: Base conceitual; benefícios da integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF); estado da arte da ILPF nos biomas brasileiros; pesquisa, desenvolvimento e inovação em ILPF; diretrizes da Embrapa para ILPF.

Número de páginas: 132

Pedidos: Embrapa Transferência de Tecnologia

Telefone: (69) 3901-2522

Website: <http://biblioembrapa.wordpress.com>

4. MICORRIZAS: 30 ANOS DE PESQUISAS NO BRASIL

Editores: Siqueira, J. O.; Souza, F. A.; Cardoso, E. J. B. N.; Tsai, S. M.; 2011.

Conteúdo: Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil; estrutura, ultraestrutura e germinação de glomerosporos; sinalização e transdução de sinais em micorrizas arbusculares; fisiologia de micorrizas arbusculares; micorrizas arbusculares na aquisição de nutrientes pelas plantas; fungos micorrízicos arbusculares em agrossistemas brasileiros; micorrizas arbusculares no Bimoma Amazônia; micorrizas arbusculares nos Biomas Floresta Atlântica e Floresta de Araucária; fungos micorrízicos arbusculares no Bioma Caatinga; micorrizas arbusculares em dunas marítimas e em áreas de mineração; interações de fungos micorrízicos arbusculares com outros micro-organismos do solo; simbioses tripartites: leguminosas, fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas; micorrizas arbusculares na produção de mudas de plantas frutíferas e café; micorrizas arbusculares na recuperação de áreas degradadas; micorrizas arbusculares e elementos-traço; glomalina: nova abordagem para entendermos a biologia dos fungos micorrízicos arbusculares; bancos de germoplasma de Glomeromycota no Brasil; técnicas moleculares aplicadas ao estudo de micorrizas; micorrizas em orquídeas; ectomicorrizas no Brasil: biologia e nutrição de plantas, diversidade de fungos e aplicação.

Preço: R\$ 70,00

Número de páginas: 716

Pedidos: UFPA

Email: editora@editora.ufla.br

Website: www.editora.ufla.br

5. FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

Editores: Adriel Ferreira da Fonseca, Eduardo Fávero Caires e Gabriel Barth; 2011.

Conteúdo: A obra é uma coletânea dos anais do II Simpósio que tem o mesmo nome, realizado em maio de 2010. Além de incluir os temas rotineiros de fertilidade, como calagem e gesso e adubação nitrogenada, fosfatada e potássica, o livro traz uma visão moderna desses assuntos em sistema plantio direto, incluindo capítulos de integração lavoura-pecuária e de aplicação de fertilizantes e corretivos em taxa variada.

Preço: R\$ 80,00

Número de páginas: 320

Pedidos: Fundação ABC

Telefone: (42)3232-2662

Website: <http://www.fundacaoabc.org.br/>

CENÁRIO COMPETITIVO PARA A SOJA BRASILEIRA

Eros Francisco

Dias atrás, assistindo a conferência do colega Anderson Galvão sobre “Complexo Soja Brasileira: competitividade ameaçada”, durante o VI Congresso Brasileiro de Soja, percebi que há grandes desafios a serem superados para que a nossa competitividade produtiva seja fortalecida. A produtividade de soja precisa voltar a crescer com taxa semelhante à da década de 1990. Os dados estatísticos disponíveis das safras anteriores demonstram que houve uma estagnação da produtividade nos últimos 8 anos.

Há possíveis motivos para esse fato: (a) aparecimento da Ferrugem Asiática da Soja, doença de difícil controle que tem diminuído a produtividade; (b) aumento da área infestada e da multiplicação de raças de nematoides que atacam as raízes dessa cultura; e (c) encurtamento do ciclo de maturação dos cultivares de soja em resposta ao ataque da Ferrugem e do potencial de avanço no cultivo da segunda safra, quer seja de milho ou algodão.

Aliada à estagnação da produtividade, há uma série de entraves burocráticos que têm dificultado a administração das

propriedades agrícolas, reduzindo a competitividade brasileira e encarecendo o processo produtivo.

O Brasil possui excelentes recursos edáficos, climáticos, minerais e humanos para alavancar a produtividade agrícola, porém devemos nos preparar para um cenário internacional de aumento da oferta de soja em função da abertura de novas áreas produtivas no mundo, em particular na África. A manutenção da competitividade produtiva dependerá, cada vez mais, de decisões técnicas certeiras, envolvendo toda a cadeia produtiva, com destaque para o uso eficiente dos nutrientes das plantas. Não haverá espaço para hipóteses ou tentativas de manejo sem respaldo científico. Quem se arriscar muito, poderá pagar um preço alto.

Aproveito a oportunidade para externar minha alegria em fazer parte da equipe do IPNI Brasil, a qual me acolheu de braços abertos. Tenho certeza de que, com o trabalho de todos, ajudaremos a tornar o uso dos nutrientes de plantas mais eficiente e a colaborar para que a competitividade agrícola brasileira se mantenha forte, superando os desafios e seguindo em frente.

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Rua Alfredo Guedes, 1949 - Edifício Rácz Center - sala 701 - Fone/Fax: (19) 3433-3254
Endereço Postal: Caixa Postal 400 - CEP 13400-970 - Piracicaba (SP) - Brasil

LUÍS IGNÁCIO PROCHNOW - Diretor, Engº Agrº, Doutor em Agronomia
E-mail: lprochnow@ipni.net Website: www.ipni.org.br

VALTER CASARIN - Diretor Adjunto, Engº Agrº, Engº Florestal, Doutor em Ciência do Solo
E-mail: vcasarin@ipni.net Website: www.ipni.org.br

EROS FRANCISCO - Diretor Adjunto, Engº Agrº, Doutor em Agronomia
E-mail: efrancisco@ipni.net Website: www.ipni.org.br



MEMBROS DO IPNI

- Agrium Inc.
- Arab Potash Company
- Belarusian Potash Company
- CF Industries Holding, Inc.
- Compass Minerals Specialty Fertilizers
- Incitec Pivot
- International Raw Materials Ltda.
- Intrepid Potash, Inc.
- K+S KALI GmbH
- The Mosaic Company
- OCP S.A.
- PotashCorp
- Simplot
- Sinofert Holdings Limited
- SQM
- Uralkali

MEMBROS AFILIADOS AO IPNI

- Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA)
- Arab Fertilizer Association (AFA)
- Canadian Fertilizer Institute (CFI)
- International Fertilizer Industry Association (IFA)
- International Potash Institute (IPI)
- The Fertiliser Association of India (FAI)
- The Fertilizer Institute (TFI)