

A combinação lavoura-pecuária-floresta tem como objetivo a mudança do sistema de uso da terra pautada em quatro pilares: produtividade, definida pela quantidade de produtos obtidos por unidade de insumos/ recursos inseridos nos sistemas; estabilidade, a constância da produtividade frente às pequenas mudanças provenientes de flutuações normais e cíclicas de meio ambiente e de mercado; sustentabilidade, a habilidade de um sistema em manter a produtividade ao longo do tempo; e por fim, uniformidade, que representa a regularidade da distribuição da produtividade ao longo do tempo.

Esperamos que este livro possa contribuir para a disseminação de tecnologias, capacitação e atualização de profissionais em temas relativos à produção de carne e leite com baixa emissão de carbono, preferencialmente em sistemas integrados (lavoura-pecuária-floresta); conduzir a discussão das dificuldades pela leitura dos resultados de projetos e ações de pesquisa e transferência em ciência e tecnologia; e por fim, traga reflexões que auxiliem na consolidação de uma pecuária empresarial, competitiva e promissora.



Intensificação da produção animal em pastagens



Intensificação da produção animal em pastagens

Anais do 1º Simpósio de Pecuária Integrada

*Bruno Carneiro e Pedreira
Dalton Henrique Pereira
Douglas dos Santos Pina
Roberta Aparecida Carnevalli
Luciano Bastos Lopes*

Editores técnicos



A proposta do 1º Simpósio de Pecuária Integrada é apresentar e discutir possibilidades tecnológicas e conhecimento para a consolidação de uma pecuária pujante e sustentável, contemplando temas que iluminem os gargalos da produção de carne e leite. Esse evento se propõe a ser um ponto de discussão da pecuária moderna, com a apresentação de tecnologias disponíveis e plenárias interativas para que dúvidas e pontos de vistas sejam expostos. Além disso, servirá para que os pesquisadores possam ouvir os percalços e dificuldades do pecuarista e, com isso, auxiliar nas tomadas de decisão com a boa utilização do conhecimento atual ou fazer dessa questão uma nova proposta de pesquisa aplicada para explorar o tema em busca de soluções tecnológicas para a pecuária.

O Brasil é um ícone na produção de carne em grandes áreas de pastagens. Boa parte delas, cultivada com pastagens do gênero *Brachiaria* spp., sendo a mais cultivada a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. No entanto, estas áreas de pastagens, sobretudo aquelas em degradação (milhões de hectares), vêm sendo utilizadas para produção agrícola de grãos (e.g. arroz, soja, milho) ano após ano. Nesse contexto, a implementação de práticas que promovam a intensificação do uso da terra de forma racional e sustentável é vital. Deste modo, a integração “lavoura-pecuária-floresta” (iLPF) pode oferecer alternativas às questões ecológicas, econômicas e sociais.

Patrocínio



Apoio



Realização



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agrossilvipastoril
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

**Intensificação da produção animal em
pastagens:**

Anais do 1º Simpósio de Pecuária Integrada

Editores técnicos

Bruno Carneiro e Pedreira

Dalton Henrique Pereira

Douglas dos Santos Pina

Roberta Aparecida Carnevalli

Luciano Bastos Lopes

*Embrapa
Brasília, DF
2014*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Agrossilvipastoril

Rodovia dos Pioneiros, MT 222, km 2,5

Caixa Postal 343

CEP 78550-970 Sinop, MT

Fone: (66) 3211-4220

Fax: (66) 3211-4221

www.embrapa.br

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Unidade responsável pela edição

Embrapa Agrossilvipastoril

Comitê de publicações

Presidente

Austecínio Lopes de Farias Neto

Secretário-executivo

Anderson Ferreira

Membros

Aisten Baldan, Daniel Rabelo Ituassú, Eulalia Soler Sobreira Hoogerheide, Gabriel Rezende Faria,

Hélio Tonini, Jorge Lulu, Marina Moura Morales, Valéria de Oliveira Faleiro

Normalização bibliográfica

Aisten Baldan

O conteúdo dos capítulos é de responsabilidade dos seus respectivos autores.

1ª edição

1ª Impressão (2014): 500 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

Embrapa Agrossilvipastoril

Simpósio de Pecuária Integrada (*I. : 2014 : Sinop, MT*)

Intensificação da produção animal em pastagens: anais... editores técnicos, Bruno Carneiro e Pedreira ... [et al.]. – Brasília, DF : Embrapa, 2014.

294 p. ; il. color. ; 14 cm x 21 cm.

ISBN 978-85-7035-361-0

1. Simpósio. 2. Pecuária Integrada. 3. Produção Animal. 4. Pastagem. I. Pedreira, Bruno Carneiro e. II. Pereira, Dalton Henrique. III. Pina, Douglas dos Santos. IV. Carnevalli, Roberta Aparecida. V. Lopes, Luciano Bastos. VI. Embrapa Agrossilvipastoril. VII. Título.

CDD 636.2

© Embrapa 2014

Editores Técnicos

Bruno Carneiro e Pedreira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência Animal e Pastagens,
pesquisador da Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT

Dalton Henrique Pereira

Zootecnista, doutor em Avaliação de Alimentos para Animais,
professor adjunto da Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, MT

Douglas dos Santos Pina

Zootecnista, doutor em Nutrição e Produção de Ruminantes,
professor adjunto da Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, MT

Roberta Aparecida Carnevalli

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência Animal,
pesquisadora da Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT

Luciano Bastos Lopes

Médico-veterinário, doutor em Ciência Animal
pesquisador, Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT

Comissão Organizadora

Dheyme Cristina Bolson (Coord.Geral do Gepi)

Ana Cláudia Ferreira de Andrade (Secretária do Gepi)

Daniela Rocha da Silva (Coord. de Finanças do Gepi)

Isadora Macedo Xavier (Coord. de Pesquisa e Extensão do Gepi)

Maira Lais Both Bourscheidt (Coord. de Divulgação e Marketing do Gepi)

Aisten Baldan

Ana Cristina dos Santos

Alisson Diego Bassoli Sedano

Camila Eckstein

Daniele Correa Gasparelo

Débora Samara Morais Silva

Edésio Soares

Fabiane Fenalti

Fagner Junior Gomes

Fernanda Herrmann

Gabriel Rezende Faria

Iriana Lovato

Joana Ribeiro de Souza

Josiana Cavalli

Junior Barbosa Kachiyama

Kaio Augusto Ribeiro Santana Cavalini Soares

Leandro Ferreira Domiciano

Lineu Alberto Domit

Nágela Maria Faustino da Silva

Orlando Lúcio de Oliveira

Patrícia Luizão Barbosa

Priscila Almeida dos Santos da Rocha

Renato da Cunha Tardin Costa

Sara de Oliveira Romeiro

Solange Garcia Holschuch

Yuri Roberto Jorge

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| ESTRATÉGIAS DE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS NA AMAZÔNIA | 9 |
| Moacyr Bernardino Dias-Filho | |
| USO EFICIENTE DE NUTRIENTES EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA | 25 |
| Lourival Vilela Geraldo Bueno Martha Jr. | |
| POTENCIAL DE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGEM EM SISTEMAS SILVIPASTORIS..... | 51 |
| Domingos Sávio Campos Paciullo Carlos Augusto de Miranda Gomide Marcelo Dias Müller Maria de Fátima Ávila Pires Carlos Renato Tavares de Castro | |
| MANEJO DE PASTAGENS TROPICAIS PARA INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO | 83 |
| Carlos Guilherme Silveira Pedreira Bruno Carneiro e Pedreira | |
| MELHORAMENTO DE PLANTAS FORRAGEIRAS PARA UMA PECUÁRIA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO. | 109 |
| Cacilda Borges do Valle Sanzio Carvalho Lima Barrios Liana Jank Mateus Figueiredo Santos | |
| ESTRATÉGIAS DE INTENSIFICAÇÃO DA PECUÁRIA DE CORTE EM SISTEMAS INTEGRADOS | 141 |
| Pedro Veiga Rodrigues Paulino Fernando de Paula Leonel Raphael Pavesi Araújo | |

| | |
|--|-----|
| ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA PECUÁRIA DE CORTE EM SISTEMAS INTEGRADOS | 177 |
| Fernanda Helena Martins Chizzotti | |
| Roberson Machado Pimentel | |
| Mario Luiz Chizzotti | |
| | |
| ZONEAMENTO DE RISCO EDÁFICO DE OCORRÊNCIA DA SMB NAS ÁREAS ANTROPIZADAS DO MATO GROSSO. | 203 |
| Celso Vainer Manzatto | |
| Sandro Eduardo Marschhausen Pereira | |
| Bruno Carneiro e Pedreira | |
| | |
| SÍNDROME DA MORTE DO BRAQUIARÃO EM MATO GROSSO | 217 |
| Bruno Carneiro e Pedreira | |
| Moacyr Bernardino Dias-Filho | |
| Carlos Mauricio Soares de Andrade | |
| Luiz Fernando Caldeira Ribeiro | |
| Dalton Henrique Pereira | |
| Douglas dos Santos Pina | |
| Roberta Aparecida Carnevalli | |
| Franciane Cazelato Costa | |
| Francarlos de Lima Felipe | |
| | |
| ASPECTOS FITOPATOLÓGICOS DA SÍNDROME DA MORTE DO BRAQUIARÃO..... | 239 |
| Luiz Fernando Caldeira Ribeiro | |
| Bruno Carneiro e Pedreira | |
| Jobson Hideo Takada | |
| Johny do Nascimento Rosa | |
| Leonardo Matos de Oliveira | |
| Vanessa Takeshita | |
| Felipe Franco Oliveira | |

SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-
FLORESTA.....259

Bruno Carneiro e Pedreira

Maurel Behling

Flávio Jesus Wruck

Diego Barbosa Alves Antonio

João Luiz Palma Meneguci

Roberta Aparecida Carnevalli

Luciano Bastos Lopes

Helio Tonini¹

ESTRATÉGIAS DE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS NA AMAZÔNIA

Moacyr Bernardino Dias-Filho¹

Introdução

A pecuária, em especial a criação de bovinos de corte a pasto, vem sendo, desde os tempos coloniais, a atividade preferencial na ocupação de áreas de fronteira agrícola no Brasil (DA SILVA, 1997; VALVERDE, 1967). Na região amazônica, a pecuária de corte expandiu-se rapidamente a partir de meados da década de 1960, com o aumento das áreas de pastagens plantadas e a consequente diminuição no uso das pastagens naturais (DIAS-FILHO, 2013; 2014a).

Diversas condições contribuíram para a expansão da pecuária de corte na região Amazônica, a partir dos anos 1960 (DIAS-FILHO, 2013, 2014a). A abertura de rodovias, dentre as quais a Belém-Brasília (BR-10), ampliou as condições infraestruturais de transporte, em contraposição às restrições impostas pelo acesso exclusivamente fluvial. Essas rodovias possibilitaram a entrada a novas áreas para a formação de pastagens, facilitaram o escoamento da produção para os centros consumidores e promoveram a melhoria do rebanho regional, com a intensificação da importação de reprodutores zebuínos do Triângulo Mineiro (MG) (VALVERDE, 1967; VALVERDE; DIAS, 1967). A deficiência crônica na produção e, consequentemente, no abastecimento de carne bovina *in natura* nos principais centros urbanos da região amazônica e em outras regiões brasileiras foi um atrativo de mercado para a atividade pecuária na Amazônia e importante incentivador de políticas públicas para a produção de alimentos (DIAS-FILHO, 2013, 2014a; 2014b). No início dos anos 1960, a região amazônica era considerada a “nova fronteira”, a qual o governo federal projetava transformar em “celeiro” para abastecer a crescente população brasileira (DIAS-

¹ Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA – moacyr.dias-filho@embrapa.br

FILHO, 2014c). Nesse sentido, a política de incentivos fiscais destinados a estimular o desenvolvimento agroindustrial da região amazônica, intensificada pelo governo federal a partir de 1966 (RIBEIRO, 2005; SUDAM, 1968), foi um fator decisivo para impulsionar a expansão da pecuária de corte na região.

Essa fase inicial de expansão na criação de bovinos em pastagens plantadas, que predominou durante as décadas de 1960 e de 1970, foi fundamentada em uma pecuária basicamente extensiva, subsidiada por uma política generosa e descontrolada de incentivos fiscais, desenvolvida em terras abundantes, baratas e desprovida de infraestrutura adequada (DIAS-FILHO, 2014a; 2014c). Esse modelo mais extensivo de expansão inicial da pecuária, típico das regiões de fronteira agrícola, na época, foi também consequência da carência de tecnologias de manejo de pastagens e opções de germoplasma forrageiro adaptados para a Amazônia (DIAS-FILHO, 2013; 2014a). Como resultado desta conjuntura, erros graves no estabelecimento e no manejo das pastagens formadas na região amazônica eram frequentemente cometidos, resultando no baixo aproveitamento racional das áreas desmatadas para a pecuária e na baixa longevidade produtiva das pastagens formadas (e.g. TARDIN et al. 1978).

Deste modo, por conta da incapacidade em manter alta produtividade por área ao longo do tempo, as metas de produção eram frequentemente alcançadas à custa do abandono das pastagens improdutivas (degradadas) e da formação de novas pastagens (DIAS-FILHO, 2014a). Esta dinâmica de ações contribuía, portanto, para o aumento das áreas de pastagens degradadas e do desmatamento na região. Tal modelo de produção, que prevaleceu até o início da década de 1980, contribuiu muito para estigmatizar a pecuária na Amazônia como uma atividade improdutiva e danosa ao meio ambiente.

Dentro desse cenário, a partir de meados dos anos de 1970, estudos pioneiros visando a aumentar a longevidade produtiva das pastagens plantadas e recuperar pastagens improdutivas (degradadas) passaram a ser sistematicamente desenvolvidos na Amazônia. Entre estes estudos, destaca-se o Propasto Amazônia Legal (Projeto de Recuperação, Melhoramento e Manejo de Pastagens da Amazônia Legal), iniciado em 1976 e finalizado em meados dos anos de 1980 (DIAS-FILHO, 2014a). Até hoje, as contribuições provenientes deste projeto têm influenciado as ações desenvolvidas pela Embrapa e por

outras instituições de pesquisa e de ensino superior, na melhoria da produtividade pecuária, no aumento da segurança alimentar e na redução do desmatamento na região amazônica (DIAS-FILHO; ANDRADE, 2006; VALENTIM; ANDRADE, 2009).

O padrão temporal de crescimento do rebanho bovino brasileiro sugere que, no futuro, a região amazônica deverá ter papel predominante na produção de bovinos no país. Dentro desta perspectiva, aumentará, também, a exposição dos sistemas de produção pecuária praticados nessa região para mercados consumidores potenciais. Portanto, espera-se que cresçam as pressões internas e externas para que a carne (e o leite) produzida na Amazônia, além de atender às demandas quantitativas do mercado, seja adequada às exigências de qualidade e origem do produto. Assim, é premente que se fortaleça um modelo produtivo eficiente e sustentável, baseado na produção a pasto, visando preços competitivos, qualidade elevada e a observação cuidadosa de princípios ambientais e sociais e de bem-estar animal. Isto é, um sistema de produção moderno, adaptado à nova realidade de um mercado globalizado.

Como a formação de novas pastagens em áreas de vegetação natural deve ser evitada, a expansão da produção pecuária na Amazônia deverá ser fundamentada no melhoramento das pastagens já formadas e na reocupação de áreas já desmatadas. Desta forma, a recuperação de pastagens degradadas deverá ter papel decisivo neste processo de expansão da pecuária regional, tornando possível o aumento da produção sem o avanço das áreas de pastagem em áreas de vegetação natural (DIAS-FILHO, 2014a).

O objetivo do presente texto é discutir os processos e as causas de degradação de pastagens plantadas e propor estratégias de recuperação de pastagens degradadas na Amazônia brasileira, visando aumentar a eficiência da produção de bovinos a pasto nessas áreas.

Processos e causas de degradação de pastagens

Não existem estatísticas oficiais que quantifiquem o montante das áreas de pastagens degradadas no Brasil (DIAS-FILHO, 2014b). Estudos publicados ao longo dos últimos anos apresentam estimativas dessas áreas nas diferentes regiões brasileiras. Para a Amazônia, estima-se que cerca de 30 milhões de hectares, ou em

torno de cinquenta por cento das pastagens plantadas estejam degradadas ou em processo de degradação (DIAS-FILHO, 2011).

O processo de degradação da pastagem é fenômeno complexo que envolve causas e consequências que levam à gradativa diminuição da capacidade de suporte da pastagem, culminando com a degradação propriamente dita (DIAS-FILHO, 2011). A identificação das causas e o entendimento dos processos de degradação são fundamentais para o sucesso de programas de recuperação ou de manutenção da produtividade de pastagens ainda produtivas.

As causas da degradação de pastagens variam com cada situação específica. Normalmente, mais de uma causa está envolvida no processo de degradação. Segundo Dias-Filho (2011), as principais causas são:

- **Práticas inadequadas de pastejo**, como o uso de taxas de lotação ou períodos de descanso que não levam em conta o ritmo de crescimento do pasto.
- **Práticas inadequadas de manejo da pastagem**, como a ausência de restauração periódica da fertilidade do solo via adubação, o uso excessivo do fogo para eliminar forragem não consumida (macega) e estimular a rebrotação do capim, ou para controlar plantas daninhas.
- **Falhas no estabelecimento da pastagem**, provocadas pelo preparo inadequado da área, uso de sementes de baixo valor cultural, semeadura em época imprópria, ou por o primeiro pastejo ser realizado muito tardiamente ou prematuramente.
- **Fatores bióticos**, como ataques de insetos-praga e patógenos (doenças).
- **Fatores abióticos**, como o excesso ou a falta de chuvas, a baixa fertilidade e a drenagem deficiente do solo.

As estratégias de recuperação de pastagens degradadas devem ser planejadas com base no conhecimento das principais causas de degradação. A lógica seria aumentar a eficiência do processo de recuperação. Assim, por exemplo, em uma pastagem que tivesse degradado em decorrência do ataque contínuo e severo de cigarrinhas-das-pastagens ou da síndrome da morte do capim-marandu, a simples

adubação do solo não deveria ser, necessariamente, a principal estratégia a ser adotada para recuperar a sua produtividade.

Estratégias de recuperação de pastagens

De acordo com Dias-Filho (2011), as estratégias de recuperação de pastagens podem ser classificadas em três linhas principais (Figura 1):

1. Renovação (reforma) da pastagem.
2. Implantação de sistemas agrícolas e agroflorestais.
3. Pousio da pastagem.

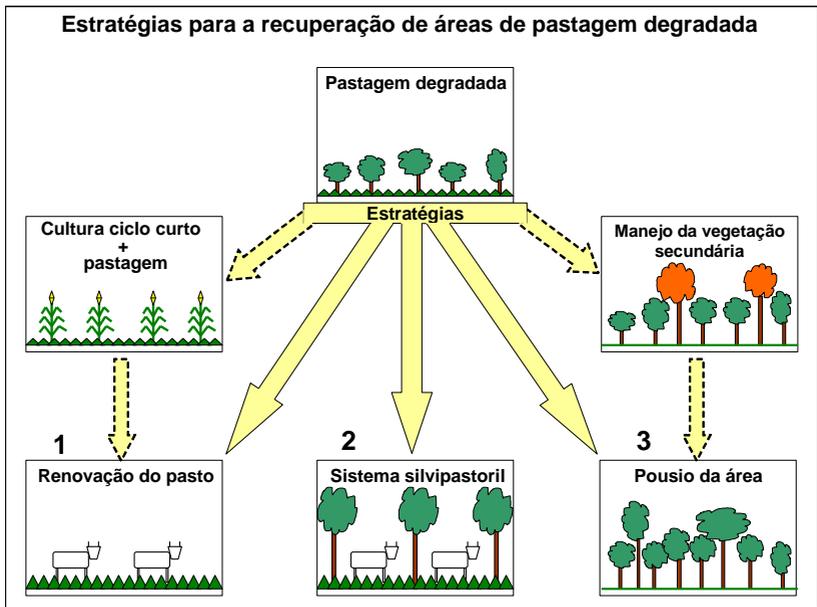


Figura 1. Estratégias para a recuperação da produtividade de pastagens degradadas.

Fonte: Dias-Filho (2011).

Cada uma dessas estratégias é apropriada para diferentes objetivos de intervenção na pastagem degradada, os quais dependem de uma combinação de fatores socioeconômicos, agrônômicos e ambientais. Esses fatores são influenciados pela capacidade financeira do produtor, pelo tamanho da área e sua localização geográfica, pelo estágio e tipo de degradação da pastagem e, sobretudo, pelo preço do boi (ou do leite) e a disponibilidade de caixa. Outros determinantes importantes são o preço da terra e a sua importância agrícola e ambiental.

Renovação da pastagem

Segundo Dias-Filho (2011), as estratégias de renovação da pastagem degradada estarão condicionadas às causas de degradação, ao estágio de degradação, ao tamanho (pequenas ou grandes propriedades), ao tipo (sistema familiar ou empresarial) da área a ser recuperada e ao capital disponível para recuperar a pastagem.

Normalmente, o processo de renovação da pastagem envolve, em maior ou menor escala, o uso de mecanização para preparo da área, para a semeadura e para a adubação da pastagem. Uma descrição detalhada dessa estratégia de recuperação da pastagem é apresentada em Dias-Filho (2011).

Implantação de sistemas agrícolas e agroflorestais

Dias-Filho (2011) sugere um sistema agrícola e um sistema agroflorestal como alternativas para a recuperação de pastagens degradadas:

- Sistema agropastoril (integração lavoura-pecuária).
- Sistemas silvipastoris plantados ou como resultado do manejo estratégico da vegetação nativa (secundária).

Integração lavoura-pecuária

A integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas consiste no plantio de culturas anuais nessas áreas, em sistema de rotação ou de consórcio com as forrageiras. A integração dos sistemas de produção de grãos e pecuária é opção viável para intensificar o uso da terra, elevando os níveis de produtividade e diversidade da propriedade rural, bem como para recuperar pastagens degradadas, reduzir os riscos de degradação e reduzir desmatamentos.

Um dos principais objetivos da integração lavoura-pecuária, além de restabelecer a produtividade da pastagem, é amortizar os

custos de recuperação da pastagem degradada com o retorno mais rápido do capital investido, por meio da venda da produção da cultura anual (DIAS-FILHO, 1986; FERNANDES et al., 2008; TOWNSEND et al., 2009). No entanto, conforme adverte Dias-Filho (2011), na prática essa tecnologia pode ampliar outra barreira econômica: a necessidade de mais investimentos para a implantação desse sistema. Tal constatação pode limitar a adoção dessa tecnologia por produtores descapitalizados e sem acesso às linhas de financiamento (MARTHA JÚNIOR et al. 2007; TOWNSEND et al. 2009), condição particularmente comum dentre produtores em áreas de fronteira agrícola como a região amazônica. Ademais, a viabilidade dessa tecnologia depende principalmente da existência de mercado para comercialização da produção e, também, de infraestrutura e mão de obra para plantio, colheita e armazenamento dos grãos produzidos. A parceria entre pecuaristas e produtores de grãos tem sido sugerida (VILELA et al. 2001), como alternativa para diminuir os custos advindos da necessidade de investimentos em sistemas de integração lavoura-pecuária. Alguns dos principais custos são aqueles provenientes da aquisição de máquinas e implementos para o plantio e a colheita e da construção de infraestrutura para o armazenamento dos grãos.

A integração lavoura-pecuária é uma atividade complexa, que requer maior grau de especialização dos produtores, sendo, também, uma atividade de maior risco e que exige maiores investimentos, quando comparada a sistemas tradicionais menos intensivos. Portanto, existem algumas condições básicas para a sua adoção. Algumas dessas condições, listadas em Dias-Filho (2011) são:

- 1) Solos favoráveis para a produção de grãos.
- 2) Infraestrutura para produção e armazenamento da produção.
- 3) Recursos financeiros próprios ou acesso a crédito para os investimentos na produção.
- 4) Domínio da tecnologia para produção de grãos.
- 5) Acesso a mercado para compra de insumos e comercialização da produção, com preços que justifiquem economicamente a adoção dessa prática.
- 6) Acesso à assistência técnica.

7) Infraestrutura adequada para armazenamento e transporte dos grãos produzidos.

8) Possibilidade de arrendamento da terra ou de parceria com produtores tradicionais de grãos.

Basicamente, existem duas formas de recuperar pastagens degradadas com o plantio de culturas anuais:

1) Plantio consorciado da cultura anual com a planta forrageira.

2) Plantio exclusivo da cultura anual, durante determinado período, e plantio da forrageira, consorciada com a cultura anual na última safra de grãos, ou após a colheita da última safra da cultura (sistema de rotação).

Esses sistemas são descritos com detalhes em Dias-Filho (2011) e em outras publicações especializadas.

Sistemas silvipastoris (SSP)

A implantação de SSP tem sido apontada como uma das opções para a recuperação de pastagens degradadas (DANIEL et al., 1999; DIAS-FILHO, 2011). Um dos principais empecilhos para a implantação de SSP é a dificuldade de estabelecimento das árvores, principalmente em áreas onde já exista a pastagem formada. A interferência do gado, a competição do capim, além de estresses ambientais — como o excesso de radiação solar e a baixa umidade do ar e do solo —, podem prejudicar o desenvolvimento inicial e a sobrevivência das mudas arbóreas.

A implantação de SSP, durante o processo de recuperação de pastagens degradadas, principalmente nos casos em que fosse planejada a reforma da pastagem, isto é, quando houvesse a renovação total ou parcial da cobertura vegetal da área, superaria parte dessas dificuldades. A razão para isso é que a área poderia ficar livre da presença do gado por tempo relativamente longo. Ademais, a competição exercida pelas plantas forrageiras seria atenuada, pois a pastagem estaria ainda em formação. Nesse sentido, a implantação de sistema agrissilvipastoril, ou seja, a introdução na área de uma ou mais culturas agrícolas anuais, no primeiro ou nos dois ou três primeiros anos, antes do plantio do pasto, forneceria renda em curto prazo para o produtor e proporcionaria mais tempo para o desenvolvimento das árvores, antes da implantação das forrageiras e da entrada dos animais.

Pousio da pastagem

Em situações especiais, o pousio da pastagem degradada pode ser considerado como forma de recuperação da produtividade biológica da área. A aplicação prática dessa estratégia se restringe a situações em que o objetivo seja recompor a área de reserva legal da propriedade, ou recuperar áreas que não deveriam ter sido originalmente desmatadas. Exemplos são áreas situadas às margens de cursos d'água (área de proteção permanente), ou sob solos com drenagem deficiente ou muito pedregosos e de difícil mecanização, ou ainda aquelas com relevo muito declivoso. Nesses casos, essas áreas de pastagens degradadas podem ser simplesmente abandonadas por tempo indefinido e, dependendo da situação, podem ou não ser reutilizadas, no futuro, para nova formação (renovação) da pastagem, ou para outro fim agropecuário ou florestal. Nesse período de pousio, a vegetação natural cresceria livremente, caracterizando o processo natural de sucessão secundária. Conforme conceitua Dias-Filho (2011), esse processo é chamado de *sucessão espontânea*.

Alternativamente, o processo natural de recomposição da vegetação secundária (sucessão espontânea) em pastagens degradadas abandonadas pode sofrer intervenções. Tais intervenções seriam feitas por meio do controle seletivo (por exemplo, mediante o raleamento) da vegetação, ou o plantio estratégico de espécies com maior capacidade de crescimento e de acúmulo de carbono ou nutrientes na biomassa, ou ainda espécies de maior valor econômico. Outras formas de intervenção no processo natural de sucessão seriam a adubação, a construção de cercas de proteção, a irrigação, etc. Para Dias-Filho (2011), esse processo é chamado de *sucessão assistida*.

A adoção, pelos produtores, do sistema de pousio em pastagens degradadas depende da disponibilidade de terra, de mão de obra (quando se optar pela implantação da sucessão assistida) e de reserva de capital. A dependência na disponibilidade de terra resulta da necessidade de a área em pousio não ser usada para atividades agropecuárias, enquanto a dependência de capital decorre do fato de que, pelo menos temporariamente, a área ficará economicamente improdutiva. Esse método pouco convencional de recuperação é discutido com detalhes em Dias-Filho (2011).

Barreiras para a adoção de tecnologias de recuperação de pastagens na Amazônia

A adoção de tecnologia sobre recuperação de pastagens na Amazônia sofre barreiras que vão além de problemas ligados a dificuldades impostas pela infraestrutura deficiente para difusão desta tecnologia e ao enfraquecimento da assistência técnica pública na região (DIAS-FILHO, 2014a). Segundo Dias-Filho (2011), a principal barreira econômica para a adoção de tecnologias de recuperação de pastagens degradadas em regiões tropicais é a necessidade de investimentos relativamente altos e em curto prazo, enquanto os ganhos econômicos da recuperação são auferidos a médio ou longo prazo. Esta peculiaridade ocasionou que a adoção de tecnologias de recuperação de pastagens degradadas, principalmente quando essas pastagens encontram-se em fases mais avançadas de degradação, seja em geral, mais cara do que os procedimentos tradicionais de abertura de novas pastagens, em locais sob vegetação nativa (DIAS-FILHO, 2011). Isto é particularmente verdadeiro quando o valor da terra desmatada e com a formação do pasto é maior do que sob vegetação nativa (ICHIHARA, 2003), como, em geral, ocorre na Amazônia.

Normalmente, os custos financeiros para o uso das tecnologias disponíveis de recuperação de pastagens degradadas são altos, enquanto o retorno econômico desses investimentos depende de fatores que, em geral, apresentam variações sazonais e regionais, como o preço da carne e do leite (DIAS-FILHO, 2011). O preço da terra pode também ter grande importância na decisão de investir em tecnologias mais intensivas que visem a reutilizar áreas consideradas improdutivas (degradadas). Quanto mais alto for o preço da terra, mais atrativo será investir nela. Como em muitas áreas da Amazônia o preço da terra tende a ser relativamente baixo, o incentivo para investir em tecnologia nestas áreas pode também ser menor.

Como a adoção de tecnologia pelos produtores rurais da Amazônia continua enfrentando barreiras, a superação destas barreiras deverá focar, prioritariamente, em problemas crônicos que têm inibido esta adoção na região. Entre estas barreiras destacam-se a carência de incentivo financeiro, o acesso restrito à informação, os serviços deficientes de extensão rural, as poucas oportunidades para a qualificação técnica do produtor, o acesso limitado a insumos,

máquinas e implementos agrícolas e a crescente insegurança política e fundiária no campo.

Portanto, considerando os benefícios ambientais e sociais da recuperação de pastagens degradadas, é essencial que a recuperação destas áreas na Amazônia tenha alguma forma de compensação financeira de diminuição de custos. Isto poderia ser alcançado por meio da criação de políticas públicas de linhas de crédito específicas para esta atividade, ou do fortalecimento, da adaptação e da revisão dos critérios de empréstimo (i.e., desburocratização) das políticas já existentes para este fim, objetivando melhor adequação às peculiaridades infraestruturais da região amazônica.

Mesmo que as condições econômicas para recuperar pastagens sejam adequadas (i.e., havendo fácil acesso ao crédito), se não houver o domínio da tecnologia pelo produtor, ou se este produtor não tiver acesso à assistência técnica qualificada, a adoção de práticas de recuperação de pastagens degradadas pode ser prejudicada. Portanto, é fundamental que o setor público ou entidades privadas, como associações de produtores rurais, criem ou fortaleçam mecanismos para a qualificação técnica dos produtores e de agentes multiplicadores na Amazônia.

Considerações finais

Em decorrência da crescente importância da pecuária desenvolvida a pasto na Amazônia na economia agrícola nacional e no cenário internacional, é imprescindível que os sistemas de produção pecuária na região sejam centrados na eficiência e na alta produtividade, fundamentados por uma gestão predominantemente empresarial. O objetivo principal seria intensificar a produção a pasto, buscando-se produzir mais carne (ou leite) em menores áreas de pastagem, ou seja, para se tornar competitivo e atingir mercados mais exigentes, a pecuária na Amazônia deve se modernizar. A base desta modernização deverá ser o melhoramento das pastagens via reutilização das áreas já abertas, que atualmente se encontram improdutivas (ou seja, abandonadas), ou com baixa produtividade (ou seja, subutilizadas), reduzindo desmatamentos e tornando a atividade mais produtiva e sustentável.

Dessa forma, a recuperação de pastagens degradadas deverá ter papel decisivo nesse processo de modernização, tornando possível o aumento da produção, sem a expansão das áreas de pastagem. Isto é,

o aumento da produtividade e a preservação ambiental deverão ser o foco central desta modernização, conciliando a crescente demanda mundial por proteína animal (segurança alimentar) com a redução dos desmatamentos. Para que este objetivo seja alcançado, algumas ações serão necessárias na região amazônica, devendo, portanto, ser tomadas como prioritárias, conforme resumido a seguir.

1) Geração contínua de tecnologia por instituições de pesquisa e ensino superior, visando ao desenvolvimento de novas cultivares de forrageiras, de estratégias de recuperação de pastagens degradadas e de manejo de pastagens ainda produtivas.

2) Fluxo constante de investimento público e privado em pesquisa e desenvolvimento sobre manejo de pastagens e em estratégias que incentivem a adoção de tecnologia e a intensificação produtiva entre os produtores rurais.

3) Contratação de pesquisadores e técnicos em pastagens por instituições de pesquisa e ensino superior.

4) Melhoria ou a criação de cursos técnicos e superiores voltados à formação de profissionais aptos para fomentarem sistemas mais intensivos e sustentáveis de pecuária na Amazônia.

5) Fortalecimento dos serviços de assistência técnica pública.

Referências bibliográficas

- DANIEL, O.; COUTO, L.; VITORINO, A. C. T. Sistemas agroflorestais como alternativas sustentáveis à recuperação de pastagens degradadas. In: SIMPÓSIO – SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL, 1, Goiânia. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 1999. p. 151-170.
- DA-SILVA, F.C.T. Pecuária e formação do mercado interno no Brasil-colônia. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 8, p. 119-156, 1997.
- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. Ed. 4. Belém: Edição do Autor, abr. 2011. 215p.
- DIAS-FILHO, M. B. **Recuperação de pastagens e segurança alimentar: uma abordagem histórica da pecuária na Amazônia**. Bebedouro: Editora Scot Consultoria, 2013. 116p.
- DIAS-FILHO, M.B. Recuperação de pastagens degradadas na Amazônia: desafios, oportunidades e perspectivas. In: SAMBUICHI, R. H. R. et al. (Org.). **Políticas agroambientais e sustentabilidade: desafios, oportunidades e lições aprendidas**. Brasília, DF: Ipea, 2014a. p. 149-169.
- DIAS-FILHO, M.B. 2014. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014b. 36p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402). Disponível em: <http://bit.ly/1v0USg3>. Acesso em: 15 agosto 2014.
- DIAS-FILHO, M.B. **Reclaiming the Brazilian Amazon: the restoration and management of pasture lands**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014c, 30p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 404). Disponível em: <http://bit.ly/VKAH6I>. Acesso em: 15 agosto 2014.
- DIAS-FILHO, M. B.; ANDRADE, C. M. S. **Pastagens no trópico úmido**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 30p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 241). Disponível em: <http://bit.ly/foLu6D>. Acesso em: 09 agosto 2014.
- FERNANDES; P.C.C.; GRISE, M.M.; ALVES, L.W.R.; SIVEIRA FILHO, A.; DIAS-FILHO, M.B. **Diagnóstico e modelagem da integração lavoura-pecuária na região de Paragominas, PA**.

- Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 33p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 327).
- ICHIHARA, S. M. **Desmatamento e recuperação de pastagens degradadas na região amazônica**: uma abordagem através das análises de projetos. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.
- MARTHA JÚNIOR, G.B; VILELA, L.; MACIEL, G.A. A prática da integração lavoura pecuária como ferramenta de sustentabilidade econômica na exploração pecuária. In: EVANGELISTA, A.R.; TAVARES, V.B.; MEDEIROS, L.T.; VALERIANO, A.R. (Ed.) SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS: temas em evidência – relação custo benefício, 6. Lavras, **Anais...**Lavras: NEFOR: UFLA, 2007, p. 347-365.
- RIBEIRO, N. de F. **A questão geopolítica da Amazônia**: da soberania difusa à soberania restrita. Brasília: Senado Federal, 2005. 537p.
- SUDAM - SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA. **Operação Amazônia** (Discursos). Belém, PA: Serviço de Documentação e Divulgação, 1968. 134p.
- TARDIN, A.T.; SANTOS, A.P. dos; NOVO, E.M.L. de M. Projetos agropecuários da Amazônia: desmatamento e fiscalização – relatório. In: **A Amazônia Brasileira em Foco**, 12. Rio de Janeiro: CNDDA, 1978. p. 7-45.
- TOWNSEND, C.R.; COSTA, N. de L.; PEREIRA, R.G.D.A. **Aspectos econômicos da recuperação de pastagens no bioma Amazônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2009. 23p. (Embrapa Rondônia. Documentos, 131).
- VALENTIM, J. F.; ANDRADE, C. M S. Tendências e perspectivas da pecuária bovina na Amazônia brasileira. **Ciência e Desenvolvimento**, Belém, v. 4, n. 8, jan.-jun. p.9-32, 2009. Disponível em: <<http://goo.gl/dwvTpZ>>. Acesso em: 05 agosto 2014.
- VALVERDE, O. Geografia da pecuária no Brasil. **Finisterra**, Lisboa, v. 2, n. 4, p. 244-261, 1967.
- VALVERDE, O.; DIAS, C.V. **A rodovia Belém-Brasília**: estudo de geografia regional. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia. 1967, 350p.

VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O.; SOUSA, D.M.G. **Benefícios da integração entre lavoura e pecuária**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 21p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 42).

USO EFICIENTE DE NUTRIENTES EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA¹

Lourival Vilela²
Geraldo Bueno Martha Jr.³

Introdução

O agronegócio brasileiro vem crescendo e se transformando de maneira expressiva ao longo das últimas três décadas. A incorporação de terras da Região do Cerrado ao processo produtivo, a partir da década de 70, explica parcela considerável desse sucesso. De acordo com o IBGE (2009), em 1970, a produção de arroz, feijão, trigo, milho e soja foi de 27,34 milhões de toneladas. Em 2007, a produção desses produtos somou 128,27 milhões de toneladas, representando um crescimento de 370%.

É importante frisar o estilo de crescimento da agricultura brasileira que permeou essa conquista – ganhos continuados e crescentes de produtividade. Trabalho de Gasques et al. (2008) mostrou que a taxa anual de crescimento da produtividade total dos fatores (terra, trabalho e capital) da agropecuária brasileira aumentou 3,27% no período de 1975-2007. Entre 2000-2007, foi registrada uma expressiva taxa de crescimento de 4,75% ao ano. No período de 1975-2007, a produtividade total dos fatores explicou 91% do produto agropecuário.

Esses ganhos em produtividade, pelo seu efeito “poupador de terra”, têm sido um fator majoritário contribuindo positivamente com objetivos ambientais. O trabalho de Gasques et al. (2008), por exemplo, encontrou que a expansão de área foi de apenas 16% frente a uma expansão do produto de 240% no período de 1975 a 2007.

¹ Texto adaptado de Martha Junior et al. 2010 e de Vilela et al. 2011.

² Eng. Agrônomo, Pesquisador da Embrapa Cerrados, lourival.vilela@embrapa.br.

³ Eng. Agrônomo, Pesquisador da Embrapa, Coordenador-Geral do Sistema de Inteligência Estratégica da Embrapa (Agropensa), geraldo.martha@embrapa.br.

Nossas estimativas, com base em dados da Conab, indicaram que considerando apenas grãos/oleaginosas e a cana-de-açúcar cerca de 60 milhões de hectares foram poupados do cultivo em razão dos ganhos em produtividade agrícola nas últimas três décadas (Martha Jr., 2008). E, se os ganhos em taxa de lotação das pastagens no Cerrado forem considerados, agregam-se mais 40 milhões de hectares poupados do cultivo (Martha Jr., 2009).

O progresso tecnológico da agropecuária brasileira, bastante evidente a partir do último quartel do século passado, ao reduzir os preços dos alimentos ao consumidor trouxe um ganho enorme para a sociedade. Com relação aos preços, nossos cálculos, feitos com base no Dieese, mostraram que em junho de 2009 o valor da cesta básica na cidade de São Paulo, em termos reais, equivalia a 49,45% do valor correspondente àquele registrado em janeiro de 1975. Ou seja, o custo da alimentação ao consumidor caiu pela metade no período, refletindo largamente a expansão da produção agrícola no país.

Pela ótica da sociedade, o aumento da oferta de alimentos, com preços mais baixos e competitivos, possibilitou: 1) aumento do poder de compra do mais pobre, gerando um efeito renda que permite que parte dos recursos gastos com alimentação seja direcionado para dinamizar outros setores da economia; 2) redução no risco de variabilidade no abastecimento e melhoria na qualidade dos produtos; 3) redução de pressões inflacionárias, contribuindo para uma maior estabilidade macroeconômica; e 4) excedentes para exportação, contribuindo positivamente com a balança de pagamentos brasileira. Vale lembrar que essa expressiva e crescente participação das exportações brasileiras de alimentos no mercado global implica em importante contribuição do Brasil para reduzir a fome e uma série de tensões macroeconômicas em diversos países do mundo.

E pelo lado do produtor rural? O produtor rural opera em concorrência perfeita. Isso significa que ele não influencia o preço que paga pelos insumos utilizados no processo de produção e nem o preço que recebe pela venda dos produtos. Se o produtor é incapaz de influenciar preços – e, portanto, os termos de troca –, o único recurso que ele dispõe para aumentar seu poder de compra é por meio de investimentos em produtividade.

Desse modo, a incorporação de inovações tecnológicas ao sistema de produção pode viabilizar ganhos em produtividade e,

potencialmente, redução do custo médio de produção, pela diluição dos custos fixos e de oportunidade do capital. Ressalte-se que essa tem sido a principal estratégia para garantir maior oferta de alimentos para a população e condições econômicas viáveis ao produtor rural num ambiente em que historicamente se tem enfrentado preços reais decrescentes das commodities agrícolas.

Numa visão de futuro, é importante internalizar que será necessário expandir a produção de alimentos, fibras e de biocombustíveis no país. Porém, não basta mais apenas aumentar a produção; essa expansão da oferta de alimentos deverá ocorrer respeitando critérios de sustentabilidade, que abrangem dimensões técnico-econômicas, sociais e ambientais. Assim, evitar o avanço da fronteira agrícola, por exemplo, pela substituição de pastagens de baixa produtividade (em degradação) no Cerrado para outros usos agrícolas (alimento, fibras e energia), constitui uma ação central.

Dentre as tecnologias que podem ser utilizadas para a renovação de pastagens degradadas, visando à expansão de alimentos e de biocombustíveis, tem se destacado a integração lavoura-pecuária. Esse artigo busca reunir algumas informações sobre esses sistemas de integração lavoura-pecuária e explorar, em mais detalhe, como esses sistemas podem auxiliar na maior eficiência de uso de nutrientes em sistemas agropecuários.

Benefícios da integração lavoura-pecuária

A integração lavoura-pecuária consiste na implantação de diferentes sistemas produtivos (grãos, carne e outros), na mesma área, em plantio consorciado, sequencial ou rotacionado. A atenção dada à integração lavoura-pecuária justifica-se pela constatação dos potenciais benefícios agronômicos, sócio-econômicos e ambientais desses sistemas.

Por um prisma agrônomo, resultados de pesquisa, validados em fazendas comerciais, permitem concluir que a introdução de pastagens em sistemas de produção de grãos é prática efetiva para reduzir a incidência de plantas daninhas, de doenças e de pragas (Costa, 2003; Kluthcouski et al., 2003; Vilela et al., 1999). Os impactos positivos sobre a qualidade química, física e biológica do solo refletem, em particular, o aumento na matéria orgânica Sousa et al., 1997; Salton, 2005). Conseqüentemente, verificam-se, por exemplo, o aumento na capacidade de armazenamento de nutrientes

no solo, a maior eficiência de uso desses nutrientes e o maior potencial de resposta das lavouras pós-pastagens à adubação.

O aumento de produtividade dos componentes lavoura e animal em sistemas de integração lavoura-pecuária 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 (pragas, doenças) contribui para aumentar a produtividade do sistema (Vilela et al. 1999, Costa e Rava, 2003).

Os resultados do trabalho realizado por Gørgen et al. (2010), demonstram que o milho safrinha consorciado com *Brachiaria ruziziensis* pode desinfestar mais intensivamente solos com o fungo do mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em comparação com o milho safrinha solteiro. Esses autores indicam o Sistema Santa Fé como medida para a redução do número de apotécios formados no plantio da soja. Outro estudo relacionado a doenças de solo, em sistemas de rotação lavoura-pastagem, é apresentado por Costa e Rava (2003), demonstrando o efeito positivo da palhada de *B. ruziziensis* e de *B. brizantha* cv. Marandu no controle de *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani* e *Sclerotinia sclerotiorum*.

No caso das pragas de solo, o aumento de população de *Pratylenchus brachyurus* em lavouras de soja e algodão, sobretudo no Estado de Mato Grosso, tem gerado inquietação entre os produtores. E, como forma de reduzir a população desses nematóides, tem sido adotada a rotação de culturas anuais com pastos. Contudo, os resultados obtidos por Inomoto et al. (2007) indicaram que os principais capins (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça, *Brachiaria ruziziensis*) adotados em sistemas de integração lavoura-pecuária, embora tolerantes, favorecem a multiplicação o *P. brachyurus*.

A redução da população de plantas daninhas é outro benefício relatado na literatura nacional e estrangeira (Kluthcouski et al. 2003, Severino, 2006; Ikeda et al. 2007). Em estudo realizado em um experimento de longa duração da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, Ikeda et al. (2007) constataram reduções significativas nos bancos de sementes de plantas daninhas em sistema de rotação lavoura/pasto em relação ao sistema de lavoura contínua, sobretudo quando se adotou o plantio direto (Tabela 1). 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 integração lavoura-pecuária.

Tabela 1. Número de sementes por metro quadrado no solo, em áreas de um experimento de cultivo lavoura-pastagem, na profundidade de 0–20 cm ⁽¹⁾.

| Sistema | Número de sementes | |
|----------------------------|------------------------|----------------------------|
| | Adubação de manutenção | Adubação corretiva gradual |
| Lavoura contínua (PC) | 23.654bA | 21.839 aA |
| Lavoura contínua (PD) | 10.468cA | 9.744 bA |
| Lavoura/pasto/lavoura (PC) | 45.747aA | 24.400aB |
| Lavoura/pasto/lavoura (PD) | 2.815deA | 2.882dA |
| Pasto/lavoura/pasto (PC) | 2.389eB | 5.115cA |
| Pasto/lavoura/pasto (PD) | 5.167dA | 4.472cA |
| Pasto contínuo | na | 1.322e |

(1) PC: preparo convencional do solo; PD: plantio direto; na: área não avaliada; em cada área, foram coletadas oito amostras compostas por quatro subamostras de 7,3 cm de diâmetro; médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Wilcoxon, a 5% de probabilidade; para cada comparação, utilizou-se uma DMS diferente.

Ainda em relação aos benefícios dos sistemas de integração lavoura-pastagem, o exemplo da Fazenda Santa Terezinha em Uberlândia, MG, é uma evidência do potencial desses sistemas em fazendas comerciais (Tabela 2). Essa propriedade desenvolvia atividade de cria e tinha uma área, em 1983, de 1014 hectares de pastagem e rebanho de 1094 cabeças (taxa de lotação de 1,1 cabeças/ha). A partir de 1985, a propriedade passou a destinar áreas de pastagens para a produção de grãos até atingir, em 1996, a totalidade da área com um ou mais ciclos de lavoura. Em 1996, a área destinada a pastagens representava 36% da área total da fazenda; o rebanho era de 1200 cabeças, representando uma taxa lotação três vezes superior à inicial. A maior taxa de lotação foi reflexo da recuperação da fertilidade do solo e da utilização de gramíneas com maior potencial de produção de forragem. 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.

Tabela 2. Evolução da rotação de lavoura-pastagem e da capacidade de suporte das pastagens na fazenda Santa Terezinha, Uberlândia, MG. Na fazenda predomina o solo Neossolo Quartzarênico (Areia Quartzosa).

| Ano | Proporção de área dos componentes (%) | | | Rebanho (cabeça) | Taxa de lotação ² (cabeça/ha) |
|------|---------------------------------------|------------------|------------------|------------------|--|
| | Pasto degradado | Lavoura de grãos | Pasto recuperado | | |
| 1983 | 100 ¹ | 0 | 0 | 1.094 | 1,1 |
| 1988 | 29 | 42 | 29 | 821 | 1,4 |
| 1992 | 0 | 59 | 41 | 1.150 | 2,8 |
| 1996 | 0 | 64 | 36 | 1.200 | 3,2 |
| 2003 | 0 | 30 | 70 | 1.800 | 2,6 |

¹ A área inicial de pastagem igual 1.000 ha. ² Taxa de lotação estimada para o período de chuvas, durante a estação da seca os animais ocupam também as áreas de lavoura para aproveitamento das restevras de milho e soja. Adaptado de Vilela et al., 2008.

Nessa fazenda, como exemplo dos benefícios nas propriedades físicas do solo, observou-se que a porcentagem de agregados estáveis em água com diâmetros maiores do que 2,0 mm, nas áreas de pastagem depois de cultura, foram de 89%. Nas áreas cultivadas com soja por um e quatro anos esses valores foram, respectivamente, de 66% e 46%. Os teores de matéria orgânica do solo nas áreas de pastagens depois de um ciclo de culturas foram, em média, de 1,23%; nas áreas sob cultivo com soja por períodos de um e quatro anos os respectivos teores de matéria orgânica foram de 0,84% e 0,94% (Ayarza et al., 1993).

O efeito das pastagens também foi evidente no rendimento das culturas anuais. O rendimento de grãos de soja correlacionou-se significativamente com idade da pastagem que antecedia as culturas anuais na rotação. Para cada ano de pastagem, o rendimento de grãos aumentou em 127 kg/ha. Esse valor, embora expressivo, foi inferior aos 170 kg/ha para cada ano de pastagem estimado com base nos resultados da Tabela 2. Dentre outros fatores, essas respostas diferenciadas se devem às diferenças no potencial de produtividade

agrícola desses solos (Neossolo Quartzarênico vs. Latossolo Vermelho, textura argilosa) e das cultivares de soja utilizadas.

Entre os impactos negativos, o mais frequentemente citado na literatura e relatado por alguns produtores, por vezes sem comprovação científica, é o proporcionado pelo pisoteio animal. A compactação depende, principalmente, do tipo de solo, do seu teor de umidade, da taxa de lotação animal e da massa de forragem (Moraes et al. 2007), da espécie forrageira utilizada no sistema (Marchão et al., 2007) e do vigor de crescimento a planta forrageira (Corsi et al., 2001). A compactação do solo pelo pisoteio animal, agravada pela remoção da vegetação, via desfolha, pode diminuir a taxa de infiltração, aumentar a erosão e reduzir o crescimento das plantas (Greenwood & McKenzie, 2001).

Os impactos negativos do pisoteio animal no solo limitam-se às suas camadas superficiais e pode ser temporário e reversível (Moraes e Lustosa, 1997, Corsi et al., 2001; Cassol, 2003, LanzaNova et al. 2007). Nas condições do Sul do Brasil, com chuvas durante o ano todo, o impacto do pisoteio animal nas propriedades físicas do solo e no rendimento dos cultivos subsequentes ao pastejo é variável, de negativo a nulo (LanzaNova et al. 2007, Flores et al. 2007, Cassol, 2003, Nicoloso, 2005). Nicoloso (2005), por exemplo, observou redução significativa no rendimento de grãos de soja (decréscimo de 800 kg/ha) e de milho (decréscimo de 2500 kg/ha) em função do aumento da intensidade de pastejo na pastagem de inverno (aveia preta+azevém), que antecedeu estes cultivos de verão.

Na região do Cerrado, o impacto do pisoteio animal sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo tem recebido pouca atenção da pesquisa. A compactação superficial e redução na taxa de infiltração foram observadas em pastagens em degradação (Macedo et al. 1997), o que é justificado pelo baixo vigor de crescimento da planta forrageira nessas situações (Corsi et al., 2001). À parte esse efeito, não se tem observado efeito negativo no rendimento das lavouras.

As interações positivas que podem ser verificadas entre os componentes lavoura e pecuária explicam, por sua vez, os ganhos em produtividade de grãos e carne nesses sistemas mistos (Martha Jr. et al., 2006, Vilela et al., 2008). Ademais, esses ganhos em produtividade, pelo seu efeito poupa-terra (Martha Jr. & Vilela, 2008), reduzem potencialmente a pressão para a abertura de novas

áreas de vegetação nativa nos Biomas Cerrado e Amazônia e minimizam a competição pelo uso da terra entre produção de alimento e de biocombustíveis.

Pelo prisma econômico, considere-se o aumento na produtividade das culturas e da pastagem, o uso mais racional de insumos, máquinas e mão-de-obra, a melhora no fluxo de caixa e o aumento da liquidez. E, em razão da diversificação de atividades na propriedade rural, passa a existir a possibilidade de redução do risco do negócio. A possibilidade de se estabelecer uma menor demanda por utilização de insumos como fungicidas, herbicidas e inseticidas, na integração lavoura-pecuária, representa benefícios econômicos de curto prazo, de fácil valoração. De modo semelhante, a maior eficiência no uso dos nutrientes do solo pelas culturas de grãos na integração lavoura-pecuária, em relação ao cultivo solteiro (Sousa et al., 1997), determina economia no uso de fertilizantes e, conseqüentemente, redução nos custos de produção.

Pelo lado da pecuária, a integração lavoura-pecuária passa a ser alternativa interessante para viabilizar a correção da fertilidade do solo em pastagens e para minimizar o risco de oscilações nos preços dos fertilizantes nos empreendimentos pastoris. Desse modo, a produção pecuária em sistemas integrados de lavoura e pecuária, quando comparada à pecuária “exclusiva”, tende a ser mais robusta frente a preços (produto e insumos) e produtividades desfavoráveis, ao mesmo tempo em que tende a apresentar melhor resultado econômico quando as condições agronômicas e econômicas são mais favoráveis (Martha Jr. et al., 2006). O efeito positivo do pasto sobre a cultura de grãos subsequente também pode ser observado, diretamente, pela maior produtividade de grãos, em particular quando ocorre a adubação da pastagem na fase de pecuária.

Em termos ambientais, observam-se benefícios de médio a longo prazo das pastagens para as culturas de grãos, dentre outros, devido aos impactos positivos sobre a conservação dos recursos naturais e à melhoria na qualidade do solo observada durante a fase de pastagem. Assim, a conservação do solo e da água tende a ser favorecida na integração lavoura-pecuária. As perdas de água e de solo, em pastagens produtivas e bem manejadas, são substancialmente menores do que em sistemas de cultivos de grãos, tanto em preparo convencional como em plantio direto (Dedecek et al., 1986).

Eficiência de uso de nutrientes na integração lavoura-pecuária

Projeções das Nações Unidas apontaram que em 2050 a produção de alimentos deverá aumentar em 80% em relação ao ano 2000 para atender a demanda mundial (Southgate et al., 2007). Para suprir essa demanda crescente por alimentos, a contribuição de fertilizantes para a produção agrícola deverá, obviamente, aumentar. Com efeito, estudo realizado pela equipe da FAO indicou que, no início da década, a aplicação de fertilizantes contribuía com 43% dos 70 milhões de toneladas de nutrientes removidos pela produção agrícola global. No futuro, para suprir a demanda crescente por alimentos, essa contribuição deveria ser de 84% (Fresco, 2003). Isso indica claramente que o uso eficiente de fertilizantes, a exemplo do que ocorre na integração lavoura-pecuária, constitui estratégia prioritária para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas do século XXI (Martha Jr. et al., 2008).

Em sistemas de integração lavoura-pecuária, a eficiência de uso do nitrogênio (N) é potencialmente melhorada em razão da melhoria na fertilidade do solo, do aumento no seu teor de matéria orgânica, da reciclagem mais eficiente de nutrientes e da mais efetiva conservação do solo e da água. Consequentemente, os riscos de perdas de N para o ambiente são minimizados enquanto o desempenho bioeconômico do sistema, sob condições de bom manejo, é sustentado ou, geralmente, é melhorado.

O “crédito de N” para culturas em sucessão tem sido bem documentado (Gallo, 1981; Gentry et al., 2001). Trabalhos realizados na Embrapa Cerrados mostraram que esse mesmo efeito positivo é observado em pastagens estabelecidas em sucessão a lavouras. No primeiro ano da fase de pastagem, depois de oito anos de lavouras de elevada produtividade, determinaram produção de forragem da ordem de 32 t/ha de massa seca. Não se verificou, porém, efeito significativo da adubação nitrogenada (0 a 360 kg/ha/ano de N). No segundo ano de pasto depois da fase de lavoura, a produção de forragem no tratamento sem adubação foi cerca de 50% daquela registrada para esse tratamento no ano anterior. Nesse segundo ano da fase de pastagem, a produção de forragem respondeu linearmente até a dose de 480 kg/ha de N; a eficiência de conversão média do N-fertilizante em forragem foi de 30 kg de massa seca/kg de N aplicado (Martha Jr. et al., 2007). Quando o animal em pastejo está presente,

tem-se observado tendências semelhantes, isto é, produtividade animal no 2º ano equivalente a 50% a 65% daquela registrada no primeiro ano pós-lavouras de alta produtividade quando não há adubação (Martha Jr. et al., 2006).

O estudo de Sousa et al. (1997), indicado na Figura 1, avaliou a produtividade e a eficiência de uso do fósforo (P) do fertilizante em sistemas exclusivos de lavouras (soja/milho) ou com a inclusão de pastagem (*Brachiaria humidicola*) nessa rotação. A produtividade do primeiro cultivo com soja, depois de um ciclo de nove anos de pastagem, foi superior à registrada no sistema exclusivo de culturas anuais (13º cultivo, com soja) para um mesmo teor de P no solo. Isso evidencia a maior eficiência do uso desse nutriente quando a pastagem foi inserida na rotação.

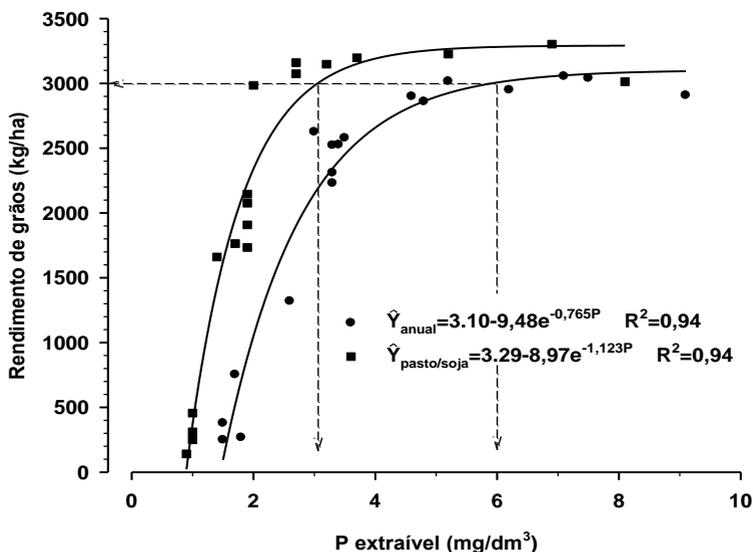


Figura 1. Efeito de dois sistemas de rotação de culturas sobre a relação entre fósforo extraível (Mehlich-1) na camada de 0 a 20 cm de profundidade e rendimento de grãos de soja cv. Cristalina em Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa. Sistema anual = 13 cultivos sucessivos de soja e pasto/soja = soja depois de três cultivos de soja seguidos de nove anos de pastagem de braquiária. Fonte: Sousa et al. (1997).

Na Figura 1 observa-se que com 3 mg/dm^3 de P (Mehlich-1) no solo obteve-se rendimento de grãos de soja da ordem de 3 t/ha no sistema pastagem/culturas anuais; no sistema exclusivo de culturas anuais, o rendimento, para esse mesmo nível de P no solo, foi de cerca de 2,2 t/ha. Para que esse último sistema apresentasse rendimentos compatíveis com o sistema pastagem/culturas anuais foram necessários 6 mg/dm^3 de P no solo. Provavelmente, o menor nível crítico de fósforo na rotação pastagem-soja foi resultado de: (a) reciclagem mais eficiente de P no sistema; (b) acréscimos na taxa de mineralização da matéria orgânica do solo, acumulada durante o período da pastagem; e (c) bloqueio dos sítios de adsorção de fósforo pelo maior acúmulo de matéria orgânica (Figura 2), reduzindo a fixação desse elemento.

Nesse mesmo estudo de Sousa et al. (1997), é apresentado o índice de recuperação do fósforo aplicado (quantidade total de fósforo absorvida e exportada em relação à aplicada ao solo, descontando-se o P absorvido do solo sem adubação fosfatada). Esse ensaio foi conduzido por 22 anos, atingindo-se a recuperação de P de até 85% para a dose de 100 kg/ha de P_2O_5 , aplicadas por ocasião do primeiro cultivo, no sistema de cultivos anuais e capim, comparado a 44% no sistema só de culturas anuais, nessa mesma dose (Tabela 3). No sistema de lavoura contínua com culturas anuais a recuperação média do fósforo aplicado foi de 40% e de 75% para o sistema de rotação culturas anuais com pastagem de *Brachiaria humidicola*, 88% a mais de fósforo recuperado (Sousa et al., 2010).

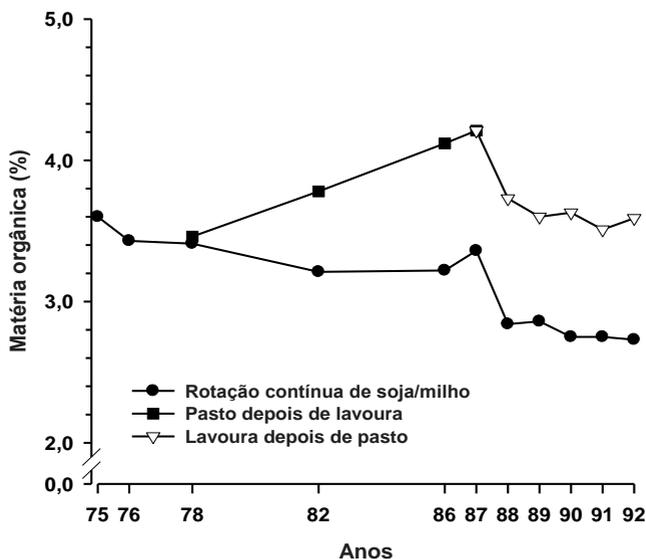


Figura 2. Dinâmica da matéria orgânica na camada de 0 a 20 cm de profundidade em dois sistemas de rotação de culturas em um Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa. Fonte: Sousa et al. (1997).

Tabela 3. Recuperação aparente do fósforo do superfosfato simples, aplicado a lanço por ocasião do primeiro cultivo, em um Latossolo muito argiloso, em sistema de cultivos anuais e anuais integrado com *Brachiaria humidicola*.

| Fósforo aplicado (kg/ha de P ₂ O ₅) | Fósforo recuperado | |
|---|---------------------|-----------------------------|
| | Anuais ² | Anuais e capim ³ |
| |%..... | |
| 100 | 44 | 85 |
| 200 | 40 | 82 |
| 400 | 35 | 76 |
| 800 | 40 | 62 |

¹ Sequência de cultivos: dez anos de soja; 1 ano de milho; quatro ciclos milho-soja; dois anos de milho; e um soja. ² Sequência de cultivos: dois anos de soja, 9 anos de *Brachiaria humidicola*, dois anos de soja, dois ciclos milho-soja; e mais cinco anos com *B. humidicola*. Fonte: Sousa et al. (2010).

O benefício da pastagem no rendimento de grãos de soja pode ser visualizado na Tabela 4. Esses resultados foram obtidos em um experimento de longa duração, em condução na Embrapa Cerrados, Planaltina (DF). O rendimento de soja depois de um ciclo de três anos de pasto de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foi 17% (510 kg/ha de grãos) superior ao obtido no sistema de lavoura contínua. O incremento de produtividade de soja cultivada depois braquiária também tem sido observado por produtores do Cerrado. 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 dezessete anos de cultivo. Desse modo, a maior eficiência no uso dos nutrientes do solo pelas culturas de grãos na integração lavoura-pecuária, em relação ao cultivo solteiro (Tabela 4 e Figura 2), implica economia no uso de fertilizantes e, conseqüentemente, redução nos custos de produção. Todavia, tais benefícios nem sempre são facilmente visualizados no curto prazo.

Tabela 4. Rendimento de soja (kg/ha) em dois sistemas de cultivos (lavoura contínua-LC e rotação lavoura/pasto de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu/lavoura-LPL) submetidos a dois sistemas de plantio em Latossolo Vermelho, textura argilosa. Planaltina, DF.

| Rotações | N-P ₂ O ₅ -K ₂ O | Lavoura | Sistema de plantio | | Média ³ |
|---------------------------|---|----------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| | | | Convencional | Direto | |
| 2004 a 2006 | 1991 a 2007 ¹ | 2007/08 ² | | | |
| |(kg/ha)..... | |(kg/ha)..... | | |
| Soja-sorgo-soja (LC) | 308-1487-1390 | Soja | 3.078 | 3.044 | 3.061 a |
| <i>B. brizantha</i> (LPL) | 85-853-813 | Soja | 3.540 | 3.603 | 3.571 a |
| Média³ | | | 3.309 a | 3.323 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 485 kg/ha 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: Adaptado de Vilela et al. (2008), e de L.Vilela, dados não publicados.

Além disso, é importante ressaltar que a produtividade pasto de Marandu antes do plantio de soja, no trabalho relatado na Tabela 2, ainda era alto. Em 134 dias de pastejo, no período das chuvas, o ganho de peso foi de 683 kg/ha de peso vivo (23 @/ha). A amplitude de ganho de peso vivo em pasto de primeiro ano, em sistemas de integração lavoura-pecuária, tem variado de 20 a 40 @/ha/ano, em função da amplitude nas condições edafoclimáticas e de manejo nas diferentes regiões (Martha Jr. et al. 2006).

Na rotação de pastagens com lavouras de grãos, a decomposição dos resíduos (biomassa aérea e raízes), liberando nutrientes para os cultivos subsequentes, desempenha papel central na eficiência de uso de fertilizantes em sistema de integração lavoura-pecuária. No oeste baiano, a decomposição e liberação de nutrientes de palhada de milho consorciado com *Brachiaria ruziziensis* (6,6 t/ha de matéria seca pós-pastejo) foi avaliada por Santos et al. (2014). Nesse estudo, a liberação acumulada em 110 dias, de nitrogênio, fósforo e potássio foi, respectivamente, de 26,5; 7,3; e 42 kg/ha. Equivalente 62%; 80%; e 94% de nitrogênio, fósforo e potássio acumulados na biomassa pós-pastejo. Ressalte-se, que aos 220 dias depois da dessecação, 36% da biomassa ainda permanecia na superfície do solo.

Outro trabalho realizado na Embrapa Cerrados⁵ trouxe informações adicionais sobre essa questão da eficiência de uso de fertilizantes na integração lavoura-pecuária. A primeira fase do projeto, com duração de quatro anos, contou com diferentes estratégias de adubação para o restabelecimento da produção de forragem de pastagens em degradação de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk. Além de um tratamento testemunha, sem adubação, foram testadas doses anuais de fósforo, de 20 ou de 40 kg/ha de P₂O₅,⁶ acompanhadas de adubações anuais de 60 kg/ha de nitrogênio (primeiros dois anos) ou 90 kg/ha de nitrogênio (terceiro e quarto ano) e de 60 kg/ha de K₂O. Após essa fase de pecuária, cultivou-se soja, em plantio direto, por dois anos consecutivos, totalizando seis anos de experimento. No plantio de soja, três estratégias de adubação

⁵ L.Vilela, G.B. Martha, Jr., D.M.G. Sousa, trabalho em fase de conclusão. Resultados preliminares apresentados em Martha Jr. et al. (2009).

⁶ Portanto, nos quatro anos de experimento da fase de pastagem, a adubação fosfatada acumulada foi de 80 e 160 kg/ha de P₂O₅.

foram avaliadas: 0; 250; e 500 kg/ha da fórmula 0-20-20+micronutrientes.

No primeiro ano de soja, a produtividade em pastagem não foi adubada, mas houve adubação com 500 kg/ha de 0-20-20 no plantio da soja, foi de 3,4 t/ha. Nas situações em que foram feitas adubações na pastagem foi possível atingir esse nível de produtividade de soja com menos fertilizante ou obter ganhos de até 18%, atingindo produtividade superiores a 4 t/ha na adubação com 500 kg/ha de 0-20-20. No segundo ano de cultivo de soja em sucessão à pastagem, esse efeito de “economia no uso de fertilizantes” foi substancialmente reduzido. Considerando os níveis de adubação da soja de 0, 250 e 500 kg/ha de 0-20-20, as produtividades médias do segundo cultivo de soja, em relação ao primeiro, foram de 58%, 84% e 92%, respectivamente.

Na média das duas safras de soja, as produtividades variaram de 1,1 a 3,8 t/ha, dependendo do histórico de adubação da pastagem e das adubações da soja. Os rendimentos médios relativos de soja nos tratamentos sem adubação de plantio de soja, mas com adubações acumuladas na fase de pastagem de 80 e de 160 kg/ha de P_2O_5 foram de 72% e 94%, respectivamente, da produtividade de soja no tratamento sem adubação no pasto, mas com 500 kg/ha de 0-20-20 no plantio. Com metade da dose de fertilizante formulado no plantio de soja (250 kg/ha), na média de dois cultivos, obtiveram-se produtividades 2% a 12% superiores àquela verificada ao tratamento referência, i.e., sem adubação no pasto, mas com aplicação de 500 kg/ha de 0-20-20 no plantio de soja. Considerando o maior nível de adubação, de 500 kg/ha/ano de 0-20-20 no plantio da soja, os ganhos em produtividade, em razão do histórico de adubação da pastagem, variaram de 12% a 13% (Figura 3).

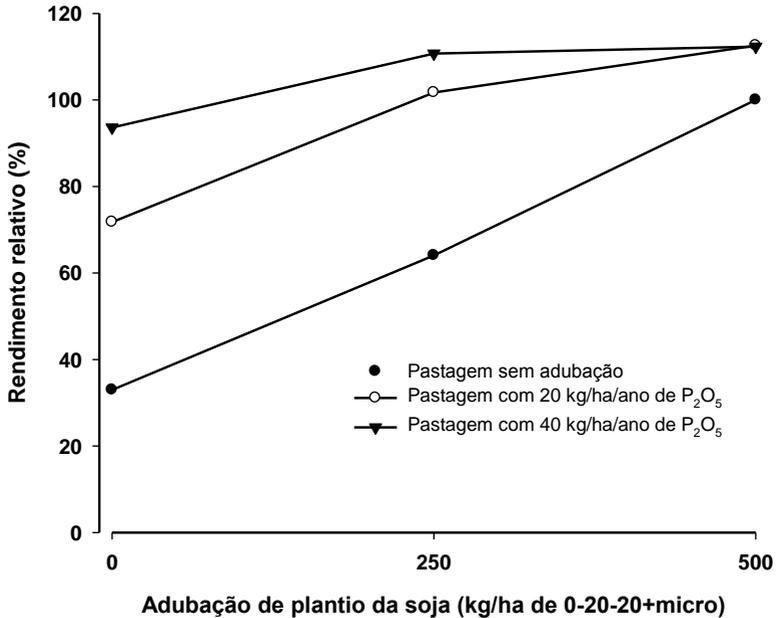


Figura 3. Efeito residual de doses de fósforo aplicadas anualmente a lanço em pastagem de *Brachiaria decumbens*, durante quatro anos, no rendimento relativo de soja, média de dois cultivos de soja em sistema de plantio direto, em um Latossolo Vermelho, textura argilosa, de Cerrado. Produtividade relativa referência (100%=3,4 t/ha de grãos) é a adubação de soja de 500 kg/ha, na pastagem sem adubação. Fonte: L.Vilela, G.B. Martha, Jr., D.M.G. Sousa (dados não publicados).

Portanto, em sistemas de integração lavoura-pecuária, as adubações realizadas durante a fase de pastagem, além de contribuir para manutenção ou aumento da produção animal, têm potencial para aumentar a eficiência de uso de nutrientes e a relação benefício/custo do uso de fertilizantes na fase subsequente de lavouras. Em termos econômicos, e com foco na fase de lavouras, os benefícios em produtividade resultantes da adubação na fase de pastagem, no estudo indicado na Tabela 4, representariam uma

receita adicional de R\$ 65,00/ha a R\$ 788,00/ha no acumulado de dois anos.⁷

Esse efeito positivo da adubação da pastagem sobre a cultura de soja subsequente pode e deve ser utilizado, no curto-prazo, para conferir flexibilidade e maior robustez econômica aos sistemas de integração lavoura-pecuária. Contudo, essa externalidade positiva do pasto em relação à lavoura subsequente não se apresenta como uma estratégia viável para o médio/longo-prazo, nem tampouco elimina a necessidade de adubação na fase de lavouras para que níveis elevados de rendimento de grãos sejam sustentados no tempo.

A eficiência do uso de fertilizantes, em lavouras de grãos, é medida pela razão entre kg do nutriente aplicado/tonelada de grão. Em pastagens essa eficiência pode ser estimada de maneira semelhante, pela razão entre kg de massa seca (MS) de forragem/kg de nutriente aplicado. Contudo, a eficiência bioeconômica da adubação de pastagens depende, adicionalmente, da eficiência de conversão do nutriente do fertilizante em forragem, da eficiência de pastejo e da eficiência de conversão da forragem consumida em produto animal (kg MS/kg de ganho de peso vivo – GPV – ou kg de leite; Figura 4). Estas três eficiências definem a eficiência global do uso do nutriente do fertilizante na produção animal (por exemplo, kg GPV/kg de nutriente aplicado). A associação do parâmetro kg GPV/kg nutriente aplicado com os termos de troca (i.e insumo-produto) de uma dada região determina a eficiência bioeconômica da adubação de pastagens (Martha Jr.& Vilela, 2007b).

⁷ Soja cotada a R\$ 44,00/saca.

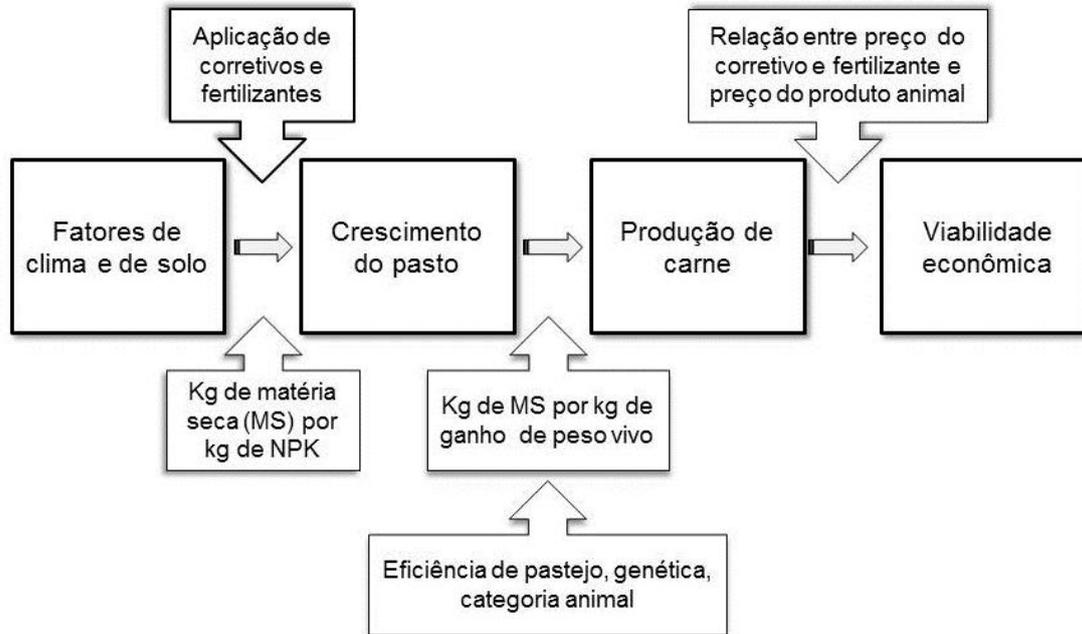


Figura 4. Principais componentes e interações da eficiência bioeconômica da adubação de pastagens.
Fonte: Adaptado de Martha Jr & Vilela, 2007b.

O produto das três eficiências parciais – kg MS/kg de nutriente aplicado, eficiência de pastejo e kg MS/kg de produto animal – define a eficiência de uso do nutriente do fertilizante na produção animal (kg de produto animal/kg de nutriente aplicado). Exemplificando, em pastagens de gramíneas tropicais, na média de 105 observações, esse valor foi de 1,45 kg GPV/kg N aplicado (Martha Jr. & Vilela, 2007b). Berg & Sims (1995) estimaram o efeito residual da adubação nitrogenada em 0,63 kg de GPV/kg N aplicado. No caso de adubações com fósforo, Sousa et al. (2004) calcularam que 1 kg de P_2O_5 aplicado ao pasto produz, em média, 0,8 a 1,2 kg de ganho de peso. Considerando o efeito residual desse nutriente no solo, a eficiência de conversão do P-fertilizante em ganho de peso vivo poderia atingir valores de cerca de 5 a 6 kg GPV/kg P_2O_5 .

Considerações finais

O baixo retorno econômico projetado para a pecuária extensiva e a considerável área de pastagens de baixa produtividade no Cerrado – algo ao redor de 35 milhões de hectares –, encorajam a ocupação dessas áreas com alternativas de uso da terra mais eficientes. Nesse cenário, ter-se-ia uma situação “*ganha-ganha*”, em que a oferta de produtos agrícolas e de bioenergia seria aumentada, sem promover novos desmatamentos, ao mesmo tempo em que áreas de pecuária de baixa produtividade seriam recuperadas por atividades agrícolas “mais eficientes”, como lavouras de grãos, cana-de-açúcar ou uma pecuária produtiva.

Para a recuperação dessas áreas de baixa produtividade, bem como opção para diversificar o empreendimento agrícola, a integração lavoura-pecuária é uma alternativa interessante. Pela ótica da eficiência de uso de nutrientes, os sistemas de integração lavoura-pecuária contribuem sobremaneira para esse objetivo, conferindo ganhos técnico-econômicos e ambientais. Deve-se atentar para o fato de que embora a cultura de grãos em sucessão ao pasto responda favoravelmente ao histórico de adubação da pastagem, a adubação na fase de lavouras é premissa básica para manter a produtividade de grãos em níveis elevados.

Por fim, deve-se considerar que a integração lavoura-pecuária, embora seja uma excelente tecnologia, não é solução mágica. A viabilidade de tecnologias agropecuárias no sistema de produção é

fortemente influenciada pelos termos de troca da região; no curto prazo, variações substanciais nos preços relativos dos fatores – insumos proporcionalmente mais valorizados que produtos – podem inviabilizar a adoção de tecnologias intensivas em capital. Ademais, a adoção de tecnologias mais intensivas em capital, como os sistemas mistos de lavoura e pecuária, em larga escala, depende de preços minimamente viáveis e, obviamente, de linhas de crédito adequadas em termos de volume de recursos e prazos para pagamentos. Adequada capacitação técnica e maior capacidade gerencial para a condução eficiente do sistema de produção são igualmente necessárias para o sucesso da tecnologia. Falhas em qualquer um desses quesitos colocam em risco o sucesso da integração lavoura-pecuária.

Referências bibliográficas

- AYARZA, M.; VILELA, L.; RAUSCHER, F. Rotação de culturas e pastagens em solo de cerrado: Estudo de caso. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 24, 1993, Goiânia, **Anais**. Goiânia, GO: SBCS, p.121-122, 1993.
- BERG, W.A.; SIMS, P.L. Residual nitrogen effects on soil, forage and steer gain. **Journal of Range Management**, v.53, p.183-189, 2000.
- CORSI, M.; MARTHA Jr., G.B.; PAGOTTO, D.S. Sistema radicular: dinâmica e resposta a regimes de desfolha. In: DA SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. (Ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros – pastagens**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p.838-852.
- COSTA, J. L. da S.; RAVA, C. A. Influência da braquiária no manejo de doenças do feijoeiro com origem no solo. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.523-533.
- DEDECEK, R. A.; RESCK, D. V. S.; FREITAS JUNIOR, E. de. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em latossolo vermelho-escuro dos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, p. 265-272, 1986.
- FLORES, J.P.C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L.C.; PAULO CÉSAR DE FACCIO CARVALHO, P.C.F.; LEITE, J.G.D.B.; FRAGA, T.I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.4, p.771-780, 2007.
- GALLO, P.B., LAVORENTI, A., SAWAZAKI, E., HIROCE, R., MASCARENHAS, H.A.A. Efeito de cultivos anteriores de soja na produção e no teor de nitrogênio das folhas e dos grãos de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.5, p.64-67, 1981.
- GASQUES, J.G.; BASTOS, E.T.; BACCHI, M. **Produtividade e crescimento da agricultura brasileira**. Brasília: Assessoria de Gestão Estratégica, Coordenação Geral de Planejamento

- Estratégico, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2008. (não paginado).
- GENTRY, L.E., BELOW, F.E., DAVID, M.B., BERGEROU, J.A. Source of the soybean N credit in maize production. **Plant and Soil**, v.236, p.175-184, 2001.
- GÖRGEN, C.A.; CIVARDI, E. A; RAGAGNIM, V. A.; SILVEIRA NETO, A. N. da.; CARNEIRO, L. C.; LOBO JUNIOR, M. Redução do inóculo inicial de *Sclerotinia sclerotiorum* em soja cultivada após uso do sistema Santa Fé. **Pesq. agropec. bras.**, v.45, p.1102-1108, 2010.
- GREENWOOD, K.L.; McKENZIE, B.M. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.1231-1250, 2001.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. www.sidra.ibge.gov.br (acessado em 26/08/2009).
- IKEDA, F. S.; MITJIA, D.; VILELA, L.; CARMONA, R. Banco de sementes no solo em sistemas de cultivo lavoura-pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 1545-1551, 2007.
- 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.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L. P.; OLIVEIRA, I. P. de.; COSTA, J. L. da. S.; SILVA, J. G. da.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O.; MAGNABOSCO, C. de U. **Sistema Santa Fé – Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28p. (Circular Técnica, 38).
- LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1131-1140, 2007.

- MARTHA Jr., G. B.; VILELA, L. Uso de fertilizantes em pastagens. In: MARTHA Jr, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. (Eds.) **Cerrado**: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 2007a, p.43-68.
- MARTHA Jr., G. B.; VILELA, L. Resultado econômico e estratégias de intensificação da adubação de pastagens. In: MARTHA Jr, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. (Eds.) **Cerrado**: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 2007b, p.69-92.
- MARTHA Jr., G.B., VILELA, L. Efeito poupa-terra de sistemas de integração lavoura-pecuária. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 6p. (Comunicado Técnico).
- MARTHA Jr., G.B., VILELA, L., SOUSA, D.M.G. Economia de fertilizantes na integração lavoura-pecuária. **Revista de Política Agrícola**, v.17, n.4, p.14-19, 2008.
- MARTHA Jr., G.B., VILELA, L., SOUSA, D.M.G. Soybean yield and fertilizer economy in integrated crop-livestock systems in the tropics. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SOIL AND PLANT ANALYSIS, 11. **Proceedings ...** Santa Rosa: Soil and Plant Analysis Council, 2009. p.6.
- NICOLOSO, R.S. **Dinâmica da Matéria Orgânica do Solo em áreas de Integração Lavoura-Pecuária sob Sistema Plantio Direto**. Santa Maria, 2005. 149f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 2005.
- SALTON, J. **Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical**. 2005. 155f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciências do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- SANTO, F. C.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; VILELA, FERREIRA, G. B; CARVALHO, M. C. S.; VIANA, J. H. M. Decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho e braquiária, sob integração lavoura-pecuária no cerrado baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 2014 (prelo).
- SEVERINO, F. J.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. III -

- Implicações sobre as plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, p. 53-60, 2006.
- SOUSA, D.M.G.; MARTHA Jr., G.B.; VILELA, L. Manejo da adubação fosfatada em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., Piracicaba, 2004. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004.
- SOUSA, D.M.G., VILELA, L., REIN, T.A., LOBATO, E. Eficiência da adubação fosfatada em dois sistemas de cultivo em um latossolo de Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.
- SOUSA, D. M. G.; REIN, T.A.; GOEDERT, W. J.; LOBATO, E.; NUNES, R. S. Fósforo. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Ed.) **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**, volume 1. Piracicaba: IPNI, 2010. p.66-132.
- STUDDERT, G.A.; ECHEVERRIFA, H.E.; CASANOVAS, E.M. Crop-Pasture Rotation for Sustaining the Quality and Productivity of a Typic Argiudoll. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 61:1466-1472, 1997.
- VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JUNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistema de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, p. 1127-1138, 2011.
- VILELA, L.; MIRANDA, J. C. C.; SHARMA, R. D.; AYARZA, M. A. **Integração lavoura-pecuária**: atividades desenvolvidas pela Embrapa Cerrados. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 31 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 9).

POTENCIAL DE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGEM EM SISTEMAS SILVIPASTORIS



Domingos Sávio Campos Paciullo¹
Carlos Augusto de Miranda Gomide¹
Marcelo Dias Müller¹
Maria de Fátima Ávila Pires¹
Carlos Renato Tavares de Castro¹

Introdução

O Brasil possui condições privilegiadas para a produção animal a pasto, tendo em vista alguns fatores, tais como alto potencial de produção e grande diversidade de espécies forrageiras, extensa área territorial com possibilidade de uso para agropecuária e clima relativamente favorável em boa parte do ano, na maioria das regiões do país. A despeito do progressivo aumento dos níveis de produtividade de sistemas de produção de bovinos, em algumas regiões do país, nota-se, ainda hoje, baixa eficiência produtiva de animais em regime de pastejo. Diferentes fatores concorrem para este panorama, entre eles a degradação das pastagens, resultado de práticas de manejo inadequadas, o baixo potencial genético dos animais e o baixo nível de adoção de tecnologias comprovadamente eficazes, as quais poderiam elevar os índices de produtividade dos sistemas pecuários.

Outro aspecto que tem ganhado relevância atualmente é o relativo ao impacto ambiental das atividades agropecuárias. A pecuária brasileira, em especial, vem sendo criticada por emitir quantidades significativas de gases de efeito estufa, sendo o metano entérico produzido pelos ruminantes um dos principais. O metano produzido em sistemas de produção de bovinos origina-se,

¹Embrapa Gado de Leite – Rua Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora, MG. CEP: 36038-330. E-mail: domingos@cnpgl.embrapa.br

principalmente, da fermentação entérica (85 a 90%), sendo o restante produzido a partir dos dejetos destes animais.

Dentre as alternativas de produção agropecuária sustentável se destacam os sistemas silvipastoris. Esse tipo de exploração se refere ao cultivo associado de árvores e pastagens, além de animais, em uma mesma unidade de manejo, na qual deve haver tanto interações ecológicas como econômicas. Alguns benefícios têm sido atribuídos ao uso desses sistemas, entre eles a possibilidade de aumento da fertilidade e conservação do solo, melhoria do conforto térmico para os animais, aumento da qualidade da forragem, diversificação e aumento de renda e ganho por serviços ambientais, como sequestro de carbono atmosférico (Power et al., 2003; Paes Leme et al., 2005; Schoeneberger, 2009; Müller et al., 2011; Paciullo et al., 2014).

Nesse artigo são discutidos aspectos relacionados aos efeitos do sombreamento no componente pasto, assim como suas implicações para o manejo da pastagem. São abordadas questões associadas ao potencial de produção e à qualidade da forragem, em sistemas silvipastoris, e implicações no desempenho animal.

Respostas das forrageiras ao sombreamento

A presença do componente arbóreo nos sistemas silvipastoris pode influir de maneira diferente no desenvolvimento do estrato vegetal herbáceo. O crescimento das forrageiras em associação com espécies arbóreas pode ser prejudicado ou favorecido, dependendo de fatores como a tolerância das espécies à sombra, o grau de sombreamento proporcionado pelas árvores e a competição entre as plantas, com relação à água e nutrientes no solo (Ribaski et al., 2001). Em geral as forrageiras que apresentam algum grau de tolerância ao sombreamento apresentam alterações morfofisiológicas, quando cultivadas à sombra, que lhes confere maior capacidade de produção, quando comparado às espécies não-tolerantes em ambiente de luminosidade reduzida.

Respostas fisiológicas

Aumentos da área foliar específica com a diminuição da luminosidade têm sido observados para gramíneas de clima temperado (Kephart et al., 1992) e tropical (Paciullo et al., 2007). Da mesma forma, plantas submetidas ao sombreamento apresentam

maiores teores de clorofila total que aquelas cultivadas em condições de sol pleno (Dias-Filho, 2002).

Dias-Filho (2002) examinou as respostas fotossintéticas de *B. brizantha* e *B. humidicola*, cultivadas em condições de luz plena e sombreamento. Para ambas as espécies, as plantas submetidas ao sombreamento apresentaram menor ponto de compensação de luz do que plantas expostas ao sol pleno, o que foi resultado das menores taxas de respiração no escuro por unidade de área foliar. Segundo os autores, baixa respiração no escuro e baixo ponto de compensação de luz são atributos de plantas tolerantes à sombra. O baixo ponto de compensação de luz é benéfico para que as plantas mantenham o balanço de carbono positivo sob condições de luminosidade reduzida. Para espécie de gramínea C_3 (*Stipa speciosa*), Fernández et al. (2002) também constataram balanço de carbono positivo em condições de sombreamento moderado.

Outro resultado que demonstra ajustes nos processos fisiológicos, em função da redução da radiação incidente foram apresentados por Paciullo et al. (2011b). Esses autores avaliaram as biomassas de parte aérea, raízes e total, além das relações entre a biomassa do pasto e a RFA incidente em relavado de *B. decumbens*, submetido a três ambientes em termos de radiação. É interessante observar que as relações biomassa/RFA incidente foram maiores nos ambientes com menores RFA (Tabela 1). Para a parte aérea, essa relação foi 71% maior sob sombreamento intenso, quando comparado ao sol pleno. Para a biomassa total, o valor na sombra intensa foi 43% maior do que a sol pleno. Embora não tenham sido avaliadas as taxas fotossintéticas e respiratórias das plantas neste estudo, seus resultados sugerem uma maior eficiência de uso da radiação em condições de sombra, o que pode se constituir em mais um mecanismo de plasticidade da gramínea quando submetida ao sombreamento. De fato, Guenni et al. (2008) verificaram maior eficiência do uso da radiação em gramíneas sombreadas, especialmente quando cultivadas em solos originalmente deficientes em N. Nesta situação, o sombreamento estimula o aumento da concentração de N na planta, contribuindo para aumentar a assimilação de carbono e, conseqüentemente, a eficiência de uso da radiação (Wilson & Ludlow 1991; Cruz, 1997).

Tabela 1 – Radiação fotossinteticamente ativa (RFA), massas de parte aérea e raiz de *B. decumbens* (kg/ha) e relações massa/RFA, conforme a intensidade da RFA.

| Características | RFA incidente no sub-bosque de <i>B. decumbens</i> (%) | | |
|---|--|-------|-------|
| | 100 | 79 | 45 |
| RFA ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) | 1.389 | 1.111 | 623 |
| Massa de parte aérea | 2.306 | 2.591 | 1.778 |
| Massa de raiz | 3.071 | 1.963 | 1.684 |
| Massa total | 5.377 | 4.554 | 3.462 |
| Massa/RFA | | | |
| Parte aérea | 1,66 | 2,33 | 2,85 |
| Raiz | 2,21 | 1,77 | 2,70 |
| Total | 3,87 | 4,09 | 5,55 |

Fonte: Adaptado de Paciullo et al. (2011b).

Respostas morfológicas

Estudos com gramíneas tropicais indicaram que a intensificação do sombreamento resultou em lâminas foliares e colmos mais longos (Castro et al., 1999; Fernández et al., 2002; Lopes et al., 2011; Paciullo et al., 2011d). Esses resultados decorrem das maiores taxas de alongamento de folhas e colmos quando as plantas são submetidas à luminosidade reduzida, conforme observado para gramíneas dos gêneros *Brachiaria* (Dias-Filho, 2000; Paciullo et al., 2011d; Lopes et al., 2011) e *Panicum* (Castro et al., 2009) cultivadas em condições de sombreamento. Em geral, a taxa de aparecimento de folhas não é influenciada pelo sombreamento (Paciullo et al., 2008; 2010), ou apresenta apenas aumento de pequena magnitude (Lopes et al., 2011), provavelmente pelo papel central que desempenha na morfogênese das plantas, fato que contribui para que essa seja a última característica modificada pela planta em condições adversas de crescimento (Nabinger & Pontes, 2001). O número de folhas por perfilho também não tem se modificado com o sombreamento, o que está relacionado ao pequeno ou ausente efeito da sombra na taxa de aparecimento e tempo de vida da folha (Fernández et al., 2002; Paciullo et al., 2008; Lopes et al., 2011).

Repostas no perfilhamento e na alocação de biomassa

Um componente importante da produção de forragem em pastagens, fortemente influenciado pelos níveis de radiação, é o perfilhamento. Em geral, tem sido constatada redução da taxa de perfilhamento de gramíneas quando submetidas ao sombreamento (Fernandéz et al., 2002; Paciullo et al., 2007). Para manter o desenvolvimento do perfilho, em condições de sombreamento, a planta prioriza o crescimento dos perfilhos existentes, em detrimento da produção de novos perfilhos. A importância da intensidade da sombra sobre este fator foi demonstrada por Paciullo et al. (2007), em pastagem de *B. decumbens*, cuja densidade populacional de perfilhos por m² aumentou de 253 para 447 quando a intensidade de luz se elevou, respectivamente, de 35 para 65%, em relação à condição de sol pleno. Outro estudo demonstrou redução entre 20 e 32% na densidade de perfilhos, com o sombreamento, para várias espécies do gênero *Brachiaria* cultivadas sob sol pleno e diferentes percentagens de sombra (Paciullo et al., 2011d).

Outra modificação decorrente do sombreamento é a redução da produção de raízes, resultante da mudança no padrão de alocação de fotoassimilados pelas plantas cultivadas em ambiente de reduzida luminosidade (Dias-Filho, 2000; Guenni et al., 2008; Paciullo et al., 2010). Como consequência desse fenômeno, tem-se maior relação parte aérea/raiz em plantas cultivadas em ambientes sombreados. Em pastagem de *B. decumbens* calculou-se que a redução da biomassa aérea sob a maior percentagem de sombra (60% de sombra em relação à radiação plena) foi de 29,7% em relação ao cultivo sob menor sombreamento (16% da radiação plena), enquanto a redução relativa na biomassa de raízes, causada pelo sombreamento, foi de 70,5% (Paciullo et al., 2010). A diminuição mais acentuada da massa de raízes em relação à parte aérea refletiu-se numa maior relação parte aérea/raízes das plantas sob maiores percentagens de sombra, em relação àquelas crescendo sob menor efeito da sombra das árvores. Dias-Filho (2000) enfatiza que a marcada redução na biomassa de raízes pode resultar em maior vulnerabilidade do pasto aos estresses ambientais que exijam forte interferência do sistema radicular para o processo de rebrotação. Estudos mais detalhados são necessários, principalmente sobre as interações do sombreamento com a intensidade e a frequência de pastejo e o regime de fertilização do pasto.

Produção de forragem

O crescimento e a produção das forrageiras em associação com espécies arbóreas podem ser prejudicados ou favorecidos, dependendo da magnitude das repostas das plantas à sombra.

Também é importante considerar que o grau de sombreamento proporcionado pelas árvores influencia no potencial produtivo do pasto. Neste sentido, a intensidade de sombreamento imposto pelo componente arbóreo pode variar bastante dependendo da idade, espaçamento e arranjo das árvores na área. Sombreamentos variando entre 20 e 40% da radiação fotossinteticamente ativa têm sido considerados moderados, enquanto sombreamentos acima destas percentagens podem ser considerados acentuados. Normalmente, níveis de sombra acima de 40-50% da luz solar plena têm sido prejudiciais ao crescimento e produção de forragem em sistemas agrossilvipastoris ou silvipastoris (Castro et al., 1999; Andrade et al., 2004; Paciullo et al., 2007). Por outro lado, em condições de sombreamento moderado, é possível obter produções de forragem semelhantes àquelas observadas no sol pleno. Por exemplo, sob sombreamento intenso (65% de sombreamento em relação à condição de sol pleno), a *B. decumbens* apresentou baixo nível de produtividade. A diminuição do sombreamento de 65 para 35% resultou em aumentos da ordem de 65% para a massa de forragem (Paciullo et al., 2007), evidenciando a tolerância dessa espécie ao sombreamento moderado. Castro et al. (1999) também observaram redução de 50% no rendimento forrageiro dessa espécie quando cultivada com 60% de sombreamento artificial. A espécie *Brachiaria brizantha* cv. Marandu também apresentou diminuição de 60% na taxa de acúmulo de MS quando cultivada sob 70% sombreamento artificial (Andrade et al., 2004).

Aspectos do manejo da pastagem

Considerações sobre a fertilização

A redução na disponibilidade de nutrientes do solo é uma das principais causas de degradação das pastagens em várias regiões do Brasil e em outras áreas tropicais da América do Sul (Boddey et al., 2004). O decréscimo da disponibilidade de nitrogênio (N) no solo sob pastagem é atribuído, em parte, à sua imobilização por microorganismos durante o processo de decomposição dos resíduos vegetais com alta relação carbono/nitrogênio (C/N) (Myers &

Robbins, 1991; Monteiro et al., 2002). Em condições de alta relação C/N, a biomassa microbiana do solo passa a competir com as plantas pelo N mineral disponível no solo, imobilizando-o, temporariamente, sob forma orgânica. A deficiência de N está relacionada também com o declínio dos teores de matéria orgânica, com as perdas por volatilização e lixiviação e com a exportação via produto animal.

A presença do componente arbóreo em ecossistemas de pastagens pode interferir de forma diferente nas características do solo, o que indica necessidade específica de manejo da fertilidade para cada tipo de sistema.

Em sistemas silvipastoris cujo componente arbóreo é constituído exclusivamente por leguminosas com capacidade de fixação de N atmosférico têm sido verificados aumentos nos teores de vários nutrientes no solo, assim como da matéria orgânica (Alvim et al., 2004; Paciullo et al., 2011c). As respostas positivas têm sido observadas, especialmente, em pastos estabelecidos em solos de baixa fertilidade natural (Wilson, 1998; Carvalho et al, 2001; Guenni et al., 2008). Neste tipo de sistema, aumentos nos teores de vários nutrientes do solo, em decorrência da presença de leguminosas arbóreas, podem estimular o crescimento da gramínea no sub-bosque e aumentar a produção de MS (Alvim et al., 2004; Castro et al., 2009). Uma explicação para melhoria da fertilidade de solo sob a copa de leguminosas está relacionada à velocidade do processo de decomposição dos resíduos vegetais. A presença de leguminosas fixadoras de N, com baixa relação C/N, favorece a maior atividade dos microrganismos e acelera o processo de decomposição e mineralização dos principais nutrientes do ecossistema (Wilson, 1996). Os efeitos esperados, particularmente em solos naturalmente pobres em nutrientes, são obtidos em longo prazo, pois dependem do crescimento das árvores e dos processos de decomposição da serapilheira das árvores. Um exemplo do benefício de leguminosas arbóreas para a gramínea *B. decumbens* submetida a manejo extensivo foi apresentado nos trabalhos de Castro et al. (2009) e Paciullo et al. (2011c). O sistema silvipastoril foi implantado no início da década de 1990, com objetivo verificar o efeito de leguminosas arbóreas nas características de pastagens degradadas em áreas montanhosas da região Sudeste (Carvalho et al., 2001). Os dados obtidos após 13 anos de implantação do sistema silvipastoril, indicaram aumentos significativos nos teores de vários nutrientes do

solo, com reflexos positivos na massa de forragem e no conteúdo de N do pasto, à medida que se aumentou a percentagem de cobertura arbórea na pastagem (Tabela 2). Esses resultados evidenciam que a inclusão do componente arbóreo, constituído por leguminosas, pode contribuir para recuperação e persistência de pastagens de *B. decumbens* em áreas montanhosas, onde, normalmente, é adotado manejo extensivo.

A associação de leguminosas arbóreas com árvores do gênero *Eucalyptus* pode ser opção interessante para diversificação do sistema. O eucalipto poderá ser fonte de renda para o produtor pela produção e possibilidade de comercialização da madeira, enquanto as leguminosas contribuem para a melhoria das condições de solo, além de proporcionarem outros benefícios para o sistema. Balieiro (1999) verificou que a meia vida da serrapilheira de um sistema silvipastoril exclusivo de eucalipto foi de 18 meses, enquanto que de um sistema consorciado de eucalipto com leguminosa *Pseudosamanea guachapele*, que possui baixa relação C/N, foi de 13 meses, possibilitando maior taxa de reciclagem de nutrientes na pastagem. Xavier (2009) estimou os fluxos de N em pastagens de *B. decumbens* em monocultivo ou em sistema silvipastoril, constituído por eucalipto e as leguminosas *A. mangium* e *M. artemisiana*. Enquanto o sistema silvipastoril apresentou balanço positivo de N total de 35 kg/ha/ano, devido à fixação biológica das leguminosas, na pastagem em monocultivo o balanço foi de -12 kg/ha/ano. Em função da maior ciclagem de N via liteira proveniente das árvores, no sistema silvipastoril, a autora concluiu que esse tipo de arranjo é alternativa viável para recuperar áreas em processo de degradação.

Tabela 2. Características do solo e do pasto de *B. decumbens*, após 13 anos de manejo sob três condições de cobertura por leguminosas arbóreas.

| Característica | Cobertura por leguminosas arbóreas (%) | | |
|---|--|-------|-------|
| | 0 | 20 | 30 |
| Solo | | | |
| K (mg/dm ³) | 30,6 | 35,0 | 47,6 |
| P (mg/dm ³) | 1,87 | 2,90 | 5,20 |
| MO (%) | 1,70 | 2,10 | 2,53 |
| CTC efetiva (cmol _c /dm ³) | 1,25 | 1,45 | 1,86 |
| CTC potencial (cmol _c /dm ³) | 5,60 | 6,87 | 7,53 |
| Pasto | | | |
| Massa de forragem (kg/ha) | 1.595 | 2.051 | 3.139 |
| Conteúdo de N no pasto (kg/ha) | 22,6 | 30,9 | 51,4 |

Fonte: Adaptado de Castro et al. (2009) e Paciullo et al. (2011c).

Apesar dos modelos anteriormente citados serem potencialmente viáveis para produção animal em regime de pastejo com baixo uso de insumos, especialmente fertilizantes, reconhece-se que, para sistemas intensivos de produção, dificilmente o produtor poderá se abster do uso de fertilizantes, principalmente se considerarmos as condições de baixa fertilidade de solo, comuns em várias regiões do Brasil. Outro ponto importante se refere à espécie forrageira. O uso de gramíneas forrageiras mais produtivas, e também mais exigentes em termos de fertilidade do solo, como algumas cultivares de *B. brizantha* e *P. maximum*, demandam reposição de nutrientes ao solo em maiores quantidades.

Andrade et al. (2001) verificaram aumento na produção de MS do capim Tanzânia no sub-bosque de eucalipto quando foi usada adubação nitrogenada, mas a reposição com potássio e fósforo não foi efetiva para o aumento da produção, em comparação à condição não adubada (Figura 2). Mesmo o maior valor de taxa de acúmulo (25,8 kg/ha.dia de MS) esteve abaixo do potencial produtivo da gramínea. Os autores mostram taxas de acúmulo obtidas por outros autores com capim-Tanzânia, adubado com N e cultivado a céu aberto, variando entre 82,3 e 97,6 kg/ha.dia. As diferenças em taxas de acumulação de MS foram atribuídas, em grande parte, à menor

quantidade de luz disponível para o crescimento da gramínea, devido ao sombreamento imposto pelo eucalipto.

Um estudo com *B. brizantha* cv. Marandu em sistema silvipastoril com eucalipto revelou aumentos na massa de forragem e na produção animal, na medida em que se estarem aquém das taxas de lotações normalmente obtidas em condições aumentou a dose de N de zero até 150 kg/ha/ano (Bernardino et al., 2011). Neste caso, as taxas de lotação também aumentaram com a fertilização, apesar dos valores entre 1,26 e 1,67 UA/ha, obtidos com a maior dose, ainda de sol pleno, com o uso de fertilização. Ainda assim, a adubação nitrogenada se mostrou necessária para intensificar a produção animal no sub-bosque de eucalipto.

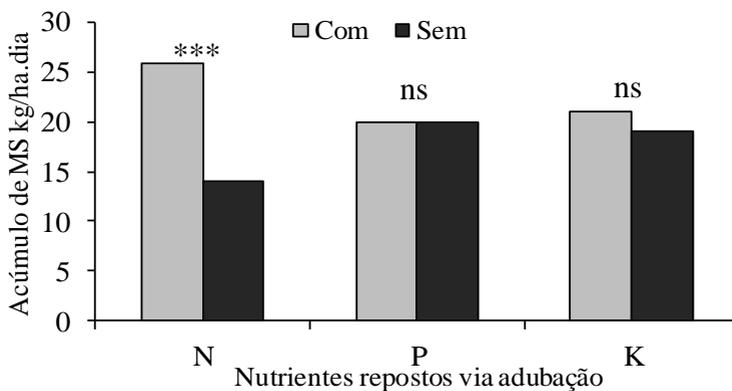


Figura 1. Efeito da adubação com N, P e K sobre a taxa de acumulação de MS do capim-tanzânia, em um sistema agrossilvipastoril.

*** Significativo ($P < 0,01$); ns: Não significativo. (Dados do primeiro corte). **Fonte:** Adaptada de Andrade et al. (2001).

Pandey et al. (2011) relataram respostas positivas de três gramíneas forrageiras (*P. maximum*, *P. purpureum* e *B. mutica*) ao fertilizante nitrogenado aplicado até a dose de 120 kg/ha/ano de N. Entretanto, foi constatado que a eficiência de resposta ao N aplicado foi inversamente proporcional à percentagem de sombreamento imposta ao pasto. Para *B. decumbens* também foi verificada maior resposta à adubação (90 kg/ha de N e K_2O por ano) em condições de radiação plena, quando comparada às condições de sombra (Paciullo et al.,

2012). Na ausência de adubação, a taxa de acúmulo nas condições de sol pleno e sombreamento moderado foram semelhantes, mas, quando se efetuou a fertilização, o acúmulo obtido no sol pleno foi maior que aquele em sombra moderada (Tabela 3). No sombreamento intenso (redução de 70% da RFA plena) não houve resposta ao adubo em termos de acúmulo de forragem. Concluiu-se que a intensidade de resposta da gramínea ao fertilizante depende do grau de sombreamento no sistema silvipastoril.

Os resultados apresentados evidenciam que o uso de fertilizantes na busca pelo aumento de produtividade do componente pecuário, em sistemas silvipastoris, embora seja importante, deve ser analisado com reservas, em função da interferência do sombreamento nas respostas das gramíneas. Os benefícios podem ser alcançados com uso de doses moderadas, desde que o sombreamento também seja apenas moderado. Na maioria dos casos, sombreamento acima de 50% da RFA reduz acentuadamente a resposta do pasto ao adubo aplicado (Eriksen & Whitney, 1981; Guenni et al., 2008; Pandey et al., 2011), tornando a prática da adubação questionável nesses casos.

Tabela 3. Taxa de acúmulo de MS de forragem (kg/ha.dia) de *B. decumbens*, conforme o nível de sombreamento e uso de fertilização.

| Sombreamento (%) | Fertilização | |
|---------------------|--------------|---------|
| | Com | Sem |
| 0 | 54,4 Aa | 36,1 Ba |
| 20 | 37,7 Ab | 31,8 Aa |
| 70 | 15,7 Ac | 19,6 Ab |

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste t de student, a 5% de probabilidade.

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

Considerações sobre o manejo do pastejo

Ainda não há definições claras a respeito do manejo do pastejo em sistemas silvipastoris. Conhecimentos sobre questões importantes como, intervalo de desfolha e intensidade de pastejo mais adequados ainda não foram gerados e devem merecer especial atenção por parte dos pesquisadores.

Dos critérios disponíveis para orientação do intervalo de desfolha, no método de lotação rotativa, nenhum possui estudo

detalhado que permita seu uso com segurança, como ocorre frequentemente em pastagens a sol pleno. Sabe-se que os métodos de manejo do pastejo evoluíram sobremaneira nos últimos anos, na medida em que conhecimentos sobre aspectos morfofisiológicos avançaram e passaram a fazer parte dos protocolos de avaliações de pesquisas na área de manejo de pastagens. Pesquisas sobre o momento de interrupção do período de rebrotação do pasto, assim como da altura residual, em relvados de gramíneas em monocultivo têm contribuído para o aumento da eficiência do uso do pasto, conforme resultados apresentados por Gomide (2001), Carnevalli (2003), Da Silva & Nascimento Jr. (2007), entre outros.

O critério do número de dias para definição do intervalo de desfolha tem sido contestado, embora seja o mais fácil do ponto de vista prático. Em função das condições de crescimento do pasto, relacionadas às práticas de manejo e ao clima, o período fixo em dias pode ser muito longo ou muito curto, acarretando no pasto comprometimento da estrutura da vegetação ou de sua persistência. Se considerarmos o sombreamento em sistemas silvipastoris, como fator que influencia no crescimento do pasto, o problema pode se agravar, tendo em vista as interações que poderão ocorrer entre o sombreamento e os outros fatores de crescimento. Portanto, esse é um critério questionável também para o manejo de pastagens em sistemas silvipastoris.

O critério do número de folhas vivas por perfilho, proposto por alguns autores (Fulkerson & Slack, 1995; Candido et al., 2005), poderia se revestir de importância para orientação do manejo de pastagens em sistemas silvipastoris. À luz dos conhecimentos sobre morfogênese e estrutura de pastos sombreados, podem-se fazer as inferências descritas a seguir. Os resultados mostram que a taxa de aparecimento de folhas e sua vida útil, praticamente não se alteram com o sombreamento, desde que em nível moderado (Paciullo et al., 2008; Lopes et al., 2011). Esse fato resulta em relvados com número mais ou menos constante de folhas vivas, independentemente do fato da gramínea forrageira estar ou não em sistema silvipastoril. Com as taxas de alongamento de colmo estimuladas pela diminuição da RFA, no sub-bosque, tem-se que relvados sombreados alcançam maiores alturas que aqueles a sol pleno, mantendo o mesmo número de folhas vivas por perfilho. A elevação da altura sustentada por colmos mais finos pode acarretar tombamento das plantas e redução

da eficiência de pastejo, o que pode comprometer o uso de tal critério.

O critério de interceptação da radiação incidente se constitui em um dos principais avanços para manejo do pastejo de gramíneas tropicais nos últimos anos (Da Silva & Nascimento Jr., 2007). A utilização do pasto, no momento em que o relvado intercepta 95% da luz incidente, tem trazido benefícios em termos de eficiência do pastejo, além de se constituir em critério plausível de ser usado pelos manejadores do pasto, quando se associa esse momento com uma altura, que em última instância seria a meta balizadora do manejo. Em ambientes sombreados uma questão deve ser considerada: a menor densidade populacional de perfilhos. Neste caso, muitos relvados cultivados à sombra, poderão não alcançar o nível de interceptação de 95% da radiação incidente, mesmo com períodos longos de rebrotação. Uma alternativa seria a avaliação de percentuais de interceptação menores que 95%, mesmo reconhecendo-se que esse seria o ideal para a maioria das gramíneas manejadas em monocultivo. O uso das alturas já pré-definidas para forrageiras cultivadas a sol pleno, não parece ser o ideal para relvados mantidos à sombra, tendo em vista as modificações morfofisiológicas, resultantes do sombreamento, discutidas em tópicos anteriores deste trabalho.

As considerações feitas acima remetem para a necessidade de estudos em ambientes sombreados, que estabeleçam critérios eficientes para o manejo do pastejo em ambientes silvipastoris. Neste sentido, será de suma importância, o uso dos protocolos de avaliação de forrageiras desenvolvidos e aplicados nos últimos anos para o manejo de pastagens em monocultivo.

Escolha da espécie forrageira: tolerância à sombra e nível tecnológico do sistema

A escolha de forrageiras tolerantes ou medianamente tolerantes ao sombreamento é condição essencial em associações de pastagens com árvores. A pesquisa sobre tolerância de forrageiras ao sombreamento tem avançado a partir de estudos realizados com diversas espécies de gramíneas e leguminosas forrageiras em várias partes do mundo (Smith & Whiteman, 1983; Wong et al., 1985; Andrade et al., 2003; 2004; Soares et al., 2009; Paciullo et al.,

2011d), o que tem permitido orientação segura para escolha da espécie mais adequada para compor sistemas silvipastoris.

Dentre as espécies de gramíneas que possuem tolerância mediana ao sombreamento estão algumas das forrageiras mais utilizadas para formação de pastagem no Brasil e em outras regiões tropicais e subtropicais, como *Brachiaria spp.* e *Panicum maximum* (Tabela 4). Gramíneas tais como *B. decumbens* cv. Basilisk, *B. brizantha* cvs. Marandu, Xaraés e Piatã, *B. ruziziensis*, *P. maximum* cvs. Tanzânia, Massai e Vencedor apresentaram relativa tolerância ao sombreamento moderado, sendo potencialmente adequadas para sistemas silvipastoris (Castro et al., 1999; Carvalho et al., 2002; Andrade et al., 2004; Paciullo et al., 2007; Guenni et al., 2008; Soares et al., 2009; Silva et al., 2010; Paciullo et al., 2011d).

Informações disponíveis sobre a tolerância à sombra do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) sugerem que essa gramínea apresenta tolerância entre média e baixa (Eriksen e Whitney, 1981; Pandey et al., 2011), refletindo, talvez, diferenças entre variedades. O capim-gordura é considerado pouco tolerante ao sombreamento, conforme conclusões de Garcia et al. (1994). A tolerância de leguminosas forrageiras ao sombreamento também varia entre espécies. Dentre as medianamente tolerantes encontram-se o *Calopogonium mucunoides*, a *Centrosema pubenses* e a *Pueraria phaseoloides*. O estilosantes (*Stylosanthes guianensis*) e o siratro (*Macropitilium atropurpureum*) foram considerados como de baixa tolerância ao sombreamento (Wong, 1991; Andrade et al., 2003). O amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) teve bom desempenho em condições de sombra, sendo considerado por Andrade et al. (2004) como tolerante ao sombreamento.

Tabela 4. Gramíneas forrageiras tropicais tolerantes ao sombreamento moderado.

| Espécie/cultivar | Referência |
|---------------------------------|--|
| Gênero <i>Brachiaria</i> | |
| <i>B. decumbens</i> | Schreiner (1987), Andrade et al. (2003), Paciullo et al., (2007; 2011d), Guenni et al. (2008), Gobbi et al. (2009) |
| <i>B. brizantha</i> cv. Marandu | Dias-Filho (2000), Andrade et al. (2003), Soares et al. (2009), Paciullo et al. (2011d) |
| <i>B. brizantha</i> cv. Xaraes | Martuscello et al. (2009), Paciullo et al. (2011d) |
| <i>B. brizantha</i> cv. Piatã | Santos et al. (2012) |
| <i>B. humidicola</i> | Smith & Whiteman (1983), Dias-Filho (2000) |
| <i>B. ruziziensis</i> | Paciullo et al. (2011d) |
| Gênero <i>Panicum</i> | |
| <i>P. maximum</i> cv. Vencedor | Castro et al. (1999) |
| <i>P. maximum</i> cv. Tanzânia | Carvalho et al. (2002), Castro et al. (2009) |
| <i>P. maximum</i> cv. Massai | Andrade et al. (2004), Silva et al. (2010) |
| Outros gêneros | |
| <i>Hemarthria altissima</i> | Schreiner (1987) |
| <i>Paspalum notatum</i> | Schreiner (1987), Andrade et al. (2004) |

Outro aspecto importante para orientar na escolha da espécie forrageira para sistemas de produção é a adequação da espécie ao nível tecnológico pretendido para o manejo do sistema. As informações da Tabela 5, adaptadas de Cantarutti et al. (2005), resumem a adaptabilidade de gramíneas forrageiras a sistemas de alto nível tecnológico ou intensivo, médio e baixo ou extensivo, conforme as características da forrageira, tais como produtividade, valor nutritivo e requerimento nutricional. Os sistemas de alto nível tecnológico apresentam pastejo de lotação rotacionada, uso de fertilizante e calcário em doses maiores, além da irrigação. Nestes sistemas, são esperadas maiores taxas de lotação, as quais podem variar entre 4 e 7 UA/ha, quando o pasto é o principal alimento da dieta dos animais, podendo alcançar maiores taxas de lotação, quando os animais são alimentados com suplementos volumosos ou concentrados no cocho. Os sistemas de baixo nível tecnológico caracterizam-se pelo manejo com taxas de lotação normalmente menores que 1 UA/ha/ano, enquanto os sistemas de nível médio comportam intensidade de pastejo e taxas de lotação, intermediárias (Cantarutti et al., 2005).

Tabela 5. Gramíneas forrageiras adaptadas a diferentes sistemas de produção de diferentes níveis tecnológicos ou intensidade de utilização.

| Nível tecnológico | Espécies de gramínea forrageiras |
|--------------------|---|
| Alto ou intensivo | <i>Pennisetum purpureum</i> , <i>Cynodon spp.</i> , <i>Panicum maximum</i> <i>Brachiaria brizantha</i> |
| Médio | <i>P. maximum</i> , <i>B. brizantha</i> , <i>B. decumbens</i> , <i>Setaria sphacelata</i> , <i>Andropogon gayanus</i> |
| Baixo ou extensivo | <i>B. decumbens</i> , <i>B. humidicola</i> , <i>A. gayanus</i> , <i>Hyparrhenia rufa</i> , <i>Melinis minutiflora</i> <i>Paspalum notatum</i> |

Fonte: Adaptado de Cantarutti et al. (2005)

As gramíneas adaptadas ao alto nível tecnológico são mais exigentes quanto à fertilidade de solo e a outros fatores de crescimento, embora algumas se adequem também ao nível intermediário, como a *B. brizantha* e o *P. maximum*. O uso de sistemas intensivos, os quais requerem, na maioria das vezes, altas doses de adubação nitrogenada, deve ser analisado com reservas

quando a pastagem é arborizada. Neste caso, haverá algum grau de redução de luz para o pasto, dependendo da espécie arbórea, idade das árvores, espaçamento, entre outros. Quando há alguma limitação nutricional, o sombreamento moderado deixa de ser o fator limitante ao crescimento vegetal. Em outras palavras, a resposta produtiva do pasto sob sombreamento moderado pode ser semelhante àquela do pleno sol. Entretanto, o alcance de alta produtividade de forragem, em solos fertilizados com doses elevadas de adubos, pode ser comprometido pela limitação de RFA disponível para o pasto, em sistemas silvipastoris. Logicamente, a limitação será maior, quanto mais intenso for o sombreamento. Mediante estas considerações, o uso de sistemas de nível tecnológico intermediário pode ser boa opção, especialmente porque as espécies *B. brizantha* e o *P. maximum* são também moderadamente tolerantes ao sombreamento (Tabela 4), permitindo que o pasto acumule forragem em níveis compatíveis com taxas de lotação intermediárias (2 a 3 UA/ha).

Os sistemas extensivos de produção animal também podem ser boa alternativa para sistemas silvipastoris, especialmente quando implantados em condições de solos mais pobres em fertilidade, topografia montanhosa e sem uso de fertilização. Dados obtidos em pastagens de *B. decumbens* implantadas em sistemas silvipastoris, demonstram o potencial desses sistemas para produção animal, seja na fase de recria de novilhas (Paciullo et al., 2011a) ou na fase de produção de leite (Paciullo et al., 2014). No estudo com novilhas leiteiras foram obtidos ganhos médios de peso corporal de 600 g/novilha/dia e, naquele com vacas mestiças, produções médias de leite de 10,5 kg/vaca/dia, ambos com animais mantidos exclusivamente a pasto. As taxas de lotação variaram entre 1,3 e 1,8 UA/ha. Esses valores são marcadamente maiores do que aqueles observados em pastagens da região sudeste, e mesmo de outras regiões.

Valor nutritivo da forragem

A sombra, geralmente, favorece o aumento da disponibilidade de nitrogênio no solo e estimula o crescimento das plantas e, conseqüentemente, induz aumentos na concentração de nitrogênio das gramíneas (Samarakoon et al. 1990; Kephart e Buxton, 1993; Ribaski & Montoya, 2000).

Em pastagens de *B. decumbens* sombreadas ou não com leguminosas arbóreas, os teores de proteína bruta foram influenciados pelas condições de luminosidade. Nas lâminas foliares o teor de proteína bruta (PB) foi 29% maior na sombra do que no sol (Paciullo et al., 2007). A sombra possibilita maior retenção de água no solo, cujo efeito positivo sobre a atividade microbiana, resulta em maior decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nitrogênio (Wilson, 1998).

Sobre os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) os resultados, embora contraditórios, indicam uma tendência de redução dos teores de FDN e aumento da DIVMS em condições de sombra (Carvalho, 2001). Kephart e Buxton (1993) verificaram que, impondo 63% de sombra a cinco espécies de gramíneas forrageiras perenes, o conteúdo da parede celular decresceu em apenas 3% e o teor de lignina em 4%, fatores que contribuíram para um aumento da digestibilidade em 5%. À sombra, as gramíneas apresentam um ligeiro aumento da digestibilidade (1 a 3%), em virtude de sua menor concentração de parede celular. Entretanto, um aumento do teor de lignina foi reportado nas gramíneas cultivadas à sombra, em relação àquelas mantidas em pleno sol (Samarakoon et al., 1990).

Efeito significativo da condição de luminosidade foi observado sobre o teor de FDN da *B. decumbens*, o qual foi maior a pleno sol do que sob as copas das árvores (Paciullo et al., 2007). Resultado semelhante foi encontrado para as espécies *B. brizantha* e *Panicum maximum*, cultivadas em diferentes níveis de sombreamento (Denium et al., 1996). De acordo com os autores, a maior concentração de FDN, a pleno sol, é consequência da maior disponibilidade de fotoassimilados, do que resulta aumento na quantidade de tecido esclerenquimático, com maior número de células e paredes celulares mais espessas.

A literatura mostra que o efeito do sombreamento na DIVMS é variável com a espécie, nível de sombreamento e condições climáticas, principalmente temperatura e umidade. Quatro anos após a introdução de nove espécies de leguminosas arbóreas em uma pastagem já formada de *B. decumbens*, foi observado que durante a estação seca ou em período de menores precipitações, em áreas de pastagem sob a influência da sombra, a *B. decumbens* apresentava melhor qualidade do que a forragem produzida nas áreas fora da

influência das árvores (Carvalho et al., 1999). O teor de PB da forragem foi maior em regime de sombreamento do que a pleno sol, em ambas as estações. Durante a estação chuvosa, as condições de sombreamento não apresentaram efeito significativo na DIVMS da *B. decumbens*. Entretanto, durante a seca a forragem produzida na sombra apresentou valores de DIVMS maiores do que aqueles observados ao sol (Tabela 6).

Tabela 6. Efeito do sombreamento promovido por três espécies de leguminosas arbóreas sobre o teor de proteína bruta (%) e digestibilidade *in vitro* da MS (%) da forragem de *B. decumbens*, em dois períodos do ano.

| Espécie | Local de Amostragem | Estação Seca | | Estação | |
|--------------------------|---------------------|--------------|-------|---------|-------|
| | | PB | DIVMS | PB | DIVMS |
| <i>A. angustissima</i> | Sol | 4,4 | 35,6 | 5,5 | 42,2 |
| | Sombra | 7,5 | 45,1 | 6,2 | 42,1 |
| <i>A. auriculiformis</i> | Sol | 4,3 | 40,0 | 5,4 | 43,9 |
| | Sombra | 8,8 | 50,9 | 5,8 | 43,6 |
| <i>A. mangium</i> | Sol | 4,3 | 34,7 | 5,3 | 43,4 |
| | Sombra | 7,3 | 48,7 | 7,6 | 50,2 |

Fonte: Carvalho et al. (1999).

Paciullo et al. (2007) verificaram maior DIVMS para lâminas foliares de *B. decumbens* desenvolvidas na sombra, quando comparada a sol pleno (Tabela 7). Os autores relacionaram o maior valor de DIVMS, ao maior teor de PB e menor de FDN obtidos em condições de sombreamento.

Denium et al. (1996) observaram efeito positivo da sombra na DIVMS para a *Setaria anceps*, negativo para *P. maximum* e ausência de efeito para *B. brizantha*. Sob sombreamento intenso (28% de transmissão de luz) foram verificados decréscimos nos valores de digestibilidade de várias gramíneas forrageiras; mas em condições de sombra moderada (64% de transmissão de luz) a digestibilidade aumentou em comparação ao cultivo à luz solar plena.

Tabela 7. Teores de fibra em detergente neutro (FDN) e digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) da *B. Decumbens*, sob sol pleno ou sombreamento por árvores.

| Característica | Tratamentos | | Significância |
|----------------|-------------|--------------|---------------|
| | Sol pleno | Sombreamento | |
| FDN (%) | 75,9 | 73,1 | * |
| DIVMS (%) | 47,6 | 53,2 | ** |

* significativo (P<0,05); ** significativo (P<0,01).

Fonte: Paciullo et al. (2007).

De forma consistente o sombreamento contribui para aumentos dos teores de PB e minerais na forrageira. A tendência de menores teores de FDN, decorrente da menor quantidade de fotoassimilados em condições de sombra, associada ao maior teor de PB, geralmente melhora a digestibilidade da matéria seca. Contudo, as variações positivas esperadas no valor nutritivo em forrageiras sombreadas dependem da espécie, nível de sombreamento, fertilidade inicial do solo, estação do ano, entre outros.

Produção animal

Poucos trabalhos investigaram características produtivas de animais em mantidos em sistemas silvipastoris. Alguns trabalhos foram conduzidos em regiões de clima temperado, comparando sistemas silvipastoris e monocultivo de gramíneas (Hawke, 1991; Clason & Sharrow, 2000; Teklehaimanot et al., 2002; Kallembach et al., 2006). Na região tropical, os resultados evidenciam o potencial de sistemas silvipastoris em prover melhorias, especialmente no desempenho individual de animais em regime de pastejo.

Os ganhos de peso de novilhas leiteiras Holandês x Zebu em sistema silvipastoril foram comparados com aqueles obtidos em pastagem de braquiária solteira (Paciullo et al., 2011a). No primeiro e terceiro anos experimentais da época chuvosa foram observados maiores ganhos de peso no sistema silvipastoril do que no monocultivo (Tabela 8). Os autores consideraram que o maior teor de PB no sistema silvipastoril pode ter contribuído para melhoria da qualidade da dieta das novilhas na pastagem arborizada, favorecendo o desempenho animal. Considerando o consumo médio de MS na

época chuvosa do ano de 2,3% do PV (Paciullo et al, 2009) e os teores de PB do pasto em cada sistema (8,9% para o silvipastoril e 7,8% para o monocultivo), durante o período chuvoso, foi calculado um consumo médio de 69 g/dia/novilha de PB a mais no sistema silvipastoril, quando comparado ao sistema em monocultivo. Concluiu-se, também, que a amenização ambiental conferida pela sombra das árvores no sistema silvipastoril pode ter contribuído para o melhor desempenho das novilhas leiteiras, especialmente durante a época chuvosa, quando as temperaturas alcançaram valores próximos de 30 °C. O maior ganho de peso individual pode ser relevante para sistemas de pecuária leiteira, considerando que a aceleração no crescimento poderá contribuir para redução da idade à primeira concepção e, conseqüentemente, ao primeiro parto das novilhas. Os ganhos médios por área também indicaram vantagem para o sistema silvipastoril (Tabela 9).

Tabela 8. Desempenho de novilhas (g/animal/dia) durante a época chuvosa, de acordo com o sistema de recria.

| Ano experimental | Sistema de recria | | | | | |
|------------------|-------------------|------------|---------------|--------------|------------|---------------|
| | Silvipastoril | | | Monocultivo | | |
| | Peso inicial | Peso Final | Ganho de peso | Peso inicial | Peso Final | Ganho de peso |
| 2004/2005 | 234 | 336 | 722 A | 237 | 324 | 624 B |
| 2005/2006 | 270 | 342 | 647 A | 261 | 324 | 563 A |
| 2006/2007 | 283 | 349 | 628 A | 293 | 347 | 515 B |

Médias seguidas por diferentes letras, na linha comparando sistema de recria, são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Fonte: Adaptado de Paciullo et al. (2011a).

Tabela 9. Ganho de peso por área (kg/ha), durante a época chuvosa, de acordo com o sistema de recria.

| Ano experimental | Sistema de recria | |
|------------------|-------------------|-------------|
| | Silvipastoril | Monocultivo |
| 2004/2005 | 298 A | 256 B |
| 2005/2006 | 242 A | 230 A |
| 2006/2007 | 258 A | 211 B |

Médias seguidas por letras diferentes, na linha comparando sistema de recria, são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Fonte: Adaptado de Paciullo et al. (2011a).

Paciullo et al. (2014) avaliaram a massa e o valor nutritivo da forragem, o consumo de matéria seca e a produção de leite de vacas Holandês x Zebu em pastagens arborizadas e com maior percentual de leguminosas herbáceas ou não-arborizadas e com menor percentual de leguminosas herbáceas. Os resultados demonstraram que a produção de leite foi maior na pastagem arborizada, no primeiro ano experimental, do que na pastagem não-arborizada. Considerando que as ofertas de forragem e os consumos de MS foram semelhantes entre os dois tipos de pastagem, a diferença na produção de leite foi atribuída a outros fatores. Primeiro, à maior diversidade de espécies forrageiras e, principalmente, à maior porcentagem de leguminosas na pastagem arborizada, as quais apresentaram maiores teores de proteína bruta que o capim-braquiária. O consumo de leguminosas pelas vacas provavelmente influenciou positivamente na qualidade da dieta, permitindo maior produção de leite.

Em trabalho realizado em pastagens de *B. brizantha* cv. Marandu, estabelecidas em sistema silvipastoril com eucalipto, os ganhos de peso corporal de novilhos nelores variaram entre 392 e 892 g/novilho.dia, dependendo da oferta de forragem e da dose de adubo nitrogenado (Bernardino et al., 2011). Os autores consideraram os ganhos de peso moderados para animais pastejando *B. brizantha*, quando confrontados com resultados obtidos a pleno sol, mas destacaram o potencial de utilização de sistemas silvipastoris na produção de bovinos de corte.

Em países como Colômbia, Costa Rica, México, entre outros da América do Sul e América Central, tem sido proposto um sistema silvipastoril intensivo, no qual são preconizadas altas densidades de plantas por hectare, em especial da espécie *Leucaena leucocephala*. Murgueitio et al. (2012) apresentam resultados que demonstram o potencial do sistema, tais como capacidade de suporte de 4 UA/ha, produção de leite de mais de 10.000 L/ha.ano e potencial de persistência do sistema de mais de 20 anos.

Considerações finais

Os sistemas silvipastoris são uma modalidade de exploração que podem trazer benefícios para o setor pecuário brasileiro, tendo em vista as potencialidades de melhorias do solo, da qualidade da forragem e do desempenho animal, além de se constituir em uma alternativa viável para diversificação e aumento de renda para o produtor rural. A sombra e a biomassa das árvores têm potencial para aumentar a disponibilidade de nitrogênio e outros nutrientes no solo, promovendo reflexos positivos para a produção e o valor nutritivo da forragem. Em condições tropicais as melhorias do teor proteico da forragem podem ter reflexos positivos no desempenho de animais.

Sabe-se que muitas gramíneas forrageiras apresentam ajustes morfofisiológicos que as permitem continuar produzindo em condições de sombreamento moderado. Por outro lado, a sombra intensa prejudica o crescimento do pasto, ameaçando a sustentabilidade do sistema. Portanto, o planejamento para manutenção de sombreamentos moderados é um ponto central para obtenção de retornos satisfatórios. Os resultados disponíveis até o momento evidenciam que dificilmente poderiam se esperar elevadas taxas de acúmulo de forragem, capacidades de suporte e produtividade animal por área, se a gramínea estiver submetida ao sombreamento. Deve-se optar por sistemas de produção de nível tecnológico intermediário ou sistemas de produção extensivos.

Referências bibliográficas

- ALVIM, M.J.; PACIULLO, D.S.C.; CARVALHO, M.M. et al. **Influence of different percentages of tree cover on the characteristics of a *Brachiaria decumbens* pasture.** In: TALLER INTERNACIONAL SOBRE LA UTILIZACIÓN DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA PRODUCCIÓN ANIMAL, 7, 2004, Mérida, México, 2004. CD-ROM.
- ANDRADE, C.M.S., GARCIA, R., COUTO, L. et al. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1845-1850, 2003 (Supl. 2).
- ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; COUTO, L. et al. Fatores limitantes ao crescimento do capim-tanzânia em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto, na região dos cerrados de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1178-1185, 2001.
- ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C. et al. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.3, p.263-270, 2004.
- BALEIRO, F.C. **Nutrientes na água de chuva e na biomassa em monocultivo e consorcio de Acacia mangium W. Pseudosamanea guachapele Dugand e Eucaliptus grandis W. Hill ex. Maiden.** Tese de Mestrado em Ciência do solo. Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- BERNARDINO, F.S., TONUCCI, R.G., GARCIA, R. et al. Produção de forragem e desempenho de novilhos de corte em um sistema silvipastoril: efeito de doses de nitrogênio e oferta de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.7, p.1412-1419, 2011.
- BODDEY, R.M, Macedo, R., Tarre, R.M. et al. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline? **Agriculture Ecosystem Environment**, v.103, p.:389-403, 2004.

- CANDIDO, M.J.D.; ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, C.A.M, et al. Período de descanso, valor nutritivo e desempenho animal em *Panicum maximum* cv Mombaça sob lotação intermitente. **Revista de Brasileira Zootecnia**, v.34, n.5, p.1459-1467. 2005.
- CANTARUTTI, R.B.; MARTINS, C.E.; CARVALHO, M.M.; FONSECA, D.M.; ARRUDA, M.L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F.T.T. Pastagens. RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. (Eds.). In: Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. Viçosa, MG: CFSEMG/UFV, 1999. p.332-341.
- CARNEVALLI, R.A. Dinâmica da rebrotação da pastagem de capim-Mombaça submetida regime de desfolha intermitente. Piracicaba, SP: ESALQ, 2003 Tese (Doutorado em Produção Animal). ESALQ-USP. 2003.
- CARVALHO, M. M. Contribuição dos sistemas silvipastoris para a sustentabilidade da atividade leiteira. In: SIMPÓSIO SOBRE SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE A PASTO E EM CONFINAMENTO. 3., 2001, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001. p. 85-108.
- CARVALHO, M.M., FREITAS, V.P., XAVIER, D.F. Início de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condição de sombreamento natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.5, p.717-722, 2002.
- CARVALHO, M.M.; BARROS, J.C.; XAVIER, D.F. et al. Composición química del forraje de *B. decumbens* associada com espécies de leguminosas arbóreas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS AGROPECUÁRIOS SUSTENIBLES, 6., 1999, Cali. Memórias... Cali: CIPAV, 1999. 1 CD.
- CARVALHO, M.M.; XAVIER, D.F.; ALVIM, M.J. Uso de leguminosas arbóreas na recuperação e sustentabilidade de pastagens cultivadas. In: 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. p. 189-204.
- CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M. et al. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade

- reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.919-927, 1999.
- CASTRO, C.R.T.; PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, C.A.M. et al. Características agronômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p.19-25, 2009.
- CLASON, T.R.; SHARROW, S.H. Silvopastoral practices. In: Garrett H.E., Rietveld W.J. and Fisher R.F. (eds), **North American Agroforestry: An Integrated Science and Practice**. ASA, Madison, WI, pp. 119–147. 2000.
- CRUZ, P. Effect of shade on the growth and mineral nutrition of a C4 perennial grass under field conditions. **Plant and Soil**, v.188, p.227–237, 1997.
- DA SILVA, S.C., NASCIMENTO JR. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, p.121-138, 2007.
- DENIUM, B.; SULASTRI, R.D.; SEINAB, M.H.J. et al. Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. *Trichoglume*). **Netherlands Journal of Agriculture Science**, v.44, p.111-124, 1996.
- DIAS-FILHO, M. Growth and biomass allocation of the C₄ grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.12, p.2335-2341, 2000.
- ERIKSEN, F.I.; WHITNEY, A.S. Effects of light intensity on growth of some tropical forage species. I. Interaction of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. **Agronomy Journal**, v. 73, p. 427-433, 1981.
- FERNÁNDEZ, M.E., GYENGE, J.E., SALDA, G.D. et al. Silvopastoral systems in northwestern Patagonia I: growth and photosynthesis of *Stipa speciosa* under different levels of *Pinus ponderosa* cover. **Agroforestry Systems**, v. 55, p. 27–35, 2002.
- FULKERSON, W.J.; SLACK, K. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*: 2. Effect of defoliation frequency and height. **Grass and Forage Science**, v.50, n1, p.16-29, 1995.
- GOBBI, K.F., GARCIA, R., GARCEZ NETO, A.F. et al. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao

- sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1645-1654, 2009.
- GOMIDE, C.A.M. **Características morfofisiológicas associadas ao manejo do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.)**. 2001. 107p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – UFV, Viçosa, MG.
- GUENNI, O., SEITER, S., FIGUEROA, R. Growth responses of three *Brachiaria* species to light intensity and nitrogen supply. **Tropical Grassland**, v.42, p.75-87, 2008.
- HAWKE, M.F. Pasture production and animal performance under pine agroforestry in New Zealand. **Forage Ecology Management**, v.45, p.109–118, 1991.
- KALLENBACH RL, KERLEY MS, BISHOP-HURLEY JG. Cumulative forage production, forage quality and livestock performance from an annual ryegrass and cereal rye mixture in a Pine–Walnut Silvopasture. **Agroforestry Systems**, v.66, p.43-53, 2006.
- KEPHART, K. D.; BUXTON, D. R.; TAYLOR, S. E. Growth of C₃ and C₄ perennial grasses under reduced irradiance. **Crop Science**, v. 32, n. 4, p. 1033-1038, 1992.
- KEPHART, K.D.; BUXTON, D.R. Forage quality responses of C₃ and C₄ perennial grasses to shade. **Crop Science**, v.33, n.4, p.831-837, 1993.
- LOPES, C.M., PACIULLO, D.S.C., ARAÚJO, S.A.C. et al. Morfogênese de *Brachiaria decumbens* conforme o sombreamento e o uso de calagem e fertilização. In: IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48., 2012. Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 2011. CD ROM.
- MARTUSCELLO, J.A., JANK, L. GONTIJO NETO, M.M. et al. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.7, p.1183-1190, 2009.
- MONTEIRO, H.C.F.; CANTARUTTI, R.B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. et al. Dinâmica de Decomposição e Mineralização de Nitrogênio em Função da Qualidade de Resíduos de Gramíneas e Leguminosas Forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1092-1102, 2002.

- MÜLLER, M.D.; NOGUEIRA, G.S.; CASTRO, C.R.T. et al. Economic analysis of an agrosilvipastoral system for a mountainous area in Zona da Mata Mineira, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n.10, p. 1148-1153, 2011.
- MURGUEITIO, E., CALLE, Z., URIBE, F. et al. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. **Forestry Ecology Management**, v.261, p.1654-1663, 2012.
- MYERS, P.K.R., ROBBINS, G.B. Sustaining productive pastures in the tropics. 5. Maintaining productive sown grass pastures. **Tropical Grasslands**, v.25, n.2, p.104-110, 1991.
- NABINGER, C.; PONTES, L.S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: A PRODUÇÃO ANIMAL NA VISÃO DOS BRASILEIROS. Piracicaba, 2001, **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 755-770.
- PACIULLO D.S.C., CASTRO, C.R.T., GOMIDE, C.A.M. et al. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system. **Livestock Science**, v.141, p.166-172, 2011a.
- PACIULLO D.S.C., CASTRO, C.R.T., GOMIDE, C.A.M. et al. Soil bulk density and biomass partitioning of *Brachiaria decumbens* in a silvopastoral system. **Scientia Agricola**, v. 67, p.401-407, 2010.
- PACIULLO, D.S.C., LOPES, C.L., ARAÚJO, S.A.C. et al. Composição morfológica e acúmulo de forragem de *Brachiaria decumbens* submetida à fertilização, em sistema silvipastoril ou monocultivo. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012. Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 2012. CD ROM.
- PACIULLO, D.S.C., LOPES, F.C.F., MALAQUIAS Jr., J.D. et al. Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema silvipastoril e pastagem de braquiária em monocultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1528-1535, 2009.
- PACIULLO, D.S.C.; CAMPOS, N.R.; GOMIDE, C.A.M. et al. Crescimento do pasto de capim-braquiária influenciado pelo nível de sombreamento e pela a estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.7, p.317-323, 2008.
- PACIULLO, D.S.C.; CARVALHO, C.A.B.; AROEIRA, L.J.M. et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob

- sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.04, 2007.
- PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C.R.T.; MULLER, M.D. et al. Fertilidad del suelo y biomasa de forraje en pasturas manejadas con diferentes coberturas arbóreas. In: CONGRESO FORESTAL DE CUBA. 5. 2011, **Anais...** Habana: Instituto de Investigaciones Forestais, 2011c. 5p. 1 CD.
- PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C.R.T.; PASSOS, L.P. et al. Partición de biomasa en *Brachiaria decumbens* en respuesta a la radiación incidente en um sistema silvopastoril. In: CONGRESO FORESTAL DE CUBA, 5., 2011. Havana. **Anais...** Havana: Instituto de Investigaciones Forestais, 2011b. 5p. 1 CD.
- PACIULLO, D.S.C.; FERNANDES, P.B.; GOMIDE, C.A.M. et al. The growth dynamics in *Brachiaria* species according to nitrogen dose and shade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.02, p.270-276, 2011d.
- PACIULLO, D.S.C.; PIRES, M.F.A.; AROEIRA, L.J.M.; MORENZ, M.J.F.; MAURICIO, R.M.; GOMIDE, C.A.M. Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grass-legume pastures shaded by tropical trees. **Animal**, v.8, p.1264-1271, 2014.
- PAES LEME, T.M.; PIRES, M.F.A.; VERNEQUE, R.S. et al. Comportamento de vacas mestiças holandês x zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvopastoril. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, p.668-675, 2005.
- PANDEY, C.B., VERMA, S.K., DAGAR, R.C. et al. Forage production and nitrogen nutrition in three grasses under coconut tree shades in the humid-tropics. **Agroforestry Systems**, v.83, p.1-12, 2011.
- POWER, I.L., THORRO, L.D., BALKS, M.S. Soil properties and nitrogen availability in silvo pastoral plantings in *Acacia melanoxylon* in North Island, New Zealand. **Agroforestry Systems**, v.57, p.225-237, 2003.
- RIBASKI, J., MONTOYA, L. J. V., RODIGHERI, H. R. Sistemas agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos. **Informe Agropecuário**. V.22, n. 212, p. 61-67, 2001.
- RIBASKI, J., MONTOYA, L.J.V. Sistema silvopastoris desenvolvidos na região Sul do Brasil: a experiência da Embrapa Florestas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL:

- SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS NA AMÉRICA DO SUL, 2000, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite/FAO, 2000. I CD ROM.
- SAMARAKOON, S.P.; WILSON, J.R.; SHELTON, H.M. Growth, morphology and nutritive value of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. **Journal of Agricultural Science**, v. 114, p. 161-169, 1990a.
- SANTOS, V.A.C., ABREU, J.G., ALMEIDA, R.G. et al. Disponibilidade, morfofisiologia e valor nutritivo do capim-piatã sob sombreamento e sol pleno em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA A PRODUÇÃO PECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 7., 2012. Belém. **Anais...** Belém: UFRA, 2012. CD ROM.
- SCHOENEBERGER, M.M.. Agroforestry: working trees for sequestering carbon on agricultural lands. **Agroforestry Systems**, v.75, p.27-37, 2009.
- SCHREINER, H.G. Tolerância de quatro gramíneas forrageiras a diferentes graus de sombreamento. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.15, p.61-72, 1987.
- SILVA, D.P., PACIULLO, D.S.C., CASTRO, C.R.T. et al. Produção de forragem e perfilhamento do capim-massai sob doses de nitrogênio e percentagens de sombreamento. IN: SIMPÓSIO MINEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1., 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2010. CD ROM.
- SMITH, M.A., WHITEMAN, P.C. Evaluation of tropical grasses in increased shading under coconuts canopies. **Experimental Agriculture**, v. 19, p.153-161, 1983.
- SOARES, A.B.; SARTOR, L.R.; ADAMI, P.F. et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.443-451, 2009.
- TEKLEHAIMANOT, Z., JONES, M., SINCLAIR, F.L. Tree and livestock productivity in relation to tree planting configuration in silvopastoral system in North Wales, UK. **Agroforestry Systems**, v.56, p.47-55, 2002.
- WILSON, J. R.; LUDLOW, M. M. The environment and potential growth of herbage under plantation. In: SHELTON,H.M.;

- STÜR, W.W. eds. **Forages for plantation crops**. Proceedings of a Workshop, Bali, Indonesia, 27-29 jun. 1990. ACIAR, Canberra, 1991. Proc. No. 32, 168 p., pp. 10-24.
- WILSON, J.R. Influence of planting four tree species on the yield and soil water status of green panic pasture in subhumid south-east Queensland. **Tropical Grassland**, v.32, p.209-220, 1998.
- WILSON, J.R. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pasture grasses in a subtropical environment. **Australian Journal of Agriculture Research**, v. 47, p.1075-1093, 1996.
- WONG, C. C. Shade tolerance of tropical forages. In: SHELTON, H.M.; STÜR, W.W. eds. **Forages for plantation crops**. Proceedings of a Workshop, Bali, Indonesia, 27-29 jun. 1990, ACIAR, Canberra, 1991. Proc. No. 32, 168p. pp. 64-69.
- WONG, C.C., SHARUDIN, M.A.M., RAHIM, H. **Shade tolerance potential of some tropical forages for integrations with plantations. 2. Legumes**. MARDI Research Bulletin, v.13, p.249-269, 1985.
- XAVIER, D.F. **Monitoramento do fluxo de nitrogênio em pastagens de *Brachiaria decumbens* em monocultura e em sistema silvipastoril**. 2009. 112 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

MANEJO DE PASTAGENS TROPICAIS PARA INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO

Carlos Guilherme Silveira Pedreira¹
Bruno Carneiro e Pedreira²

Introdução

A pecuária no Brasil tem passado por mudanças importantes nos últimos 20 anos. Os anos 1990 foram marcados pela necessidade de reavaliação de postura e procedimento em diversos setores produtivos, como resultado do advento da estabilidade econômica e da redução nas taxas de inflação. A agricultura e principalmente a pecuária foram forçadas a tecnificar seus processos para o aumento de eficiência da produção, abandonando o forte caráter especulativo. Uma das atividades do setor que talvez tenha sido atingida com mais intensidade foi a pecuária, que, no Brasil é essencialmente baseada no uso de pastagens.

Numa atividade em que escala de produção e margem de lucro são duas características que têm que ser entendidas com exatidão, a demanda por tecnologia aumentou significativamente. Começou-se, em muitos casos, a discutir o "sistema" de produção animal e a entender a sua natureza multi-disciplinar e, aos poucos, aceitar-se o fato de que custo baixo não é sinônimo de lucro máximo. Esses sistemas precisam ser retro-alimentados com investimento em recursos produtivos e tecnologia, e, ao mesmo tempo em que as pressões sociais e governamentais requerem a conscientização ecológica e um produto animal seguro e de qualidade, as econômicas demandam que esses sistemas sejam viáveis e lucrativos.

¹ Eng° Agrônomo, Ph.D., Professor Associado da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Email: cgsipedreira@usp.br

² Eng° Agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa Agressilvipastoril.

Nos países desenvolvidos, sistemas intensivos de produção animal em confinamento têm sido associados a problemas de doenças e de poluição de mananciais e em muitas situações, a "volta aos pastos" está sendo estimulada e vista como solução para esses problemas. Isso coloca a pecuária diante do dilema de ter que manter os níveis de produtividade, estrutura de custos, gerenciamento dos sistemas etc., pelo menos em níveis semelhantes àqueles praticados nos sistemas confinados. Ocorre que, na pastagem, o manejo da alimentação passa a ser todo um novo universo para o pecuarista habituado a gerenciar ingredientes de rações. Embora o pasto pastejado seja a fonte de alimento mais barata para os rebanhos de ruminantes, a falta de conhecimento sobre como usá-lo, pode, paradoxalmente, custar caro.

As literaturas científica e técnica são ricas em publicações sobre produção e manejo de pastagens, principalmente com espécies forrageiras de clima temperado e recentemente muito tem se avançado nas espécies tropicais. Sistemas de produção têm sido concebidos e testados na tentativa de se chegar a receitas ótimas, mas logo se percebe que as individualidades de cada sistema, definem obrigatoriamente particularidades na sua condução.

Dentre os componentes mais estudados nesses sistemas, os métodos de pastejo têm recebido grande atenção por parte da pesquisa, pois são frequentemente entendidos como indicadores do nível de intensificação. A diversidade de espécies de plantas forrageiras tropicais, aliada à diversidade de ambientes em que serão utilizadas, impossibilita a proposição de receitas fixas e infalíveis para cada combinação. Assim, é fácil reconhecer que, mais importante do que saber "o que acontece" e "como acontece", é saber "por que acontece", e, portanto, a adoção bem sucedida de tecnologia de manejo de pastagens passa obrigatoriamente pelo entendimento das bases biológicas que regem as respostas das plantas forrageiras às estratégias de desfolhação (i.e., os métodos de pastejo) dentro dos sistemas de produção.

O manejo das pastagens e seus impactos sobre a comunidade de plantas forrageiras

O manejo da pastagem é, na sua essência, o compromisso entre a necessidade de se manter área foliar para fotossíntese e a de se colher grandes quantidades de tecido foliar de alta qualidade antes

que esse tecido morra (Parsons, 1988). A rápida renovação de folhas no dossel da pastagem gera um considerável potencial de perda na produção, uma vez que qualquer material que permanecer não-colhido é rapidamente perdido por senescência e morte. A desfolhação, todavia, reduz a área foliar e a interceptação luminosa do dossel, o que, por sua vez, reduz as taxas de fotossíntese e a capacidade de produzir novas folhas. Embora haja um grande número de variações na intensidade e no padrão de desfolhação de um dossel de gramíneas forrageiras, duas principais estratégias contrastantes são comumente consideradas no contexto de produção de forragem: lotação contínua e desfolha intermitente.

Apesar da lotação contínua ser a estratégia mais comum de manejo da pastagem, os seus efeitos sobre a desfolhação (i.e., desfolhação frequente e a intervalos não controlados) têm sido objeto de muito menos pesquisa do que os efeitos da desfolhação intermitente. Para Parsons (1988) isso reflete a dificuldade de se medir a produção (acúmulo de forragem) sob lotação contínua onde as estimativas convencionais de produção a partir do acúmulo líquido de forragem não são possíveis pois a forragem produzida está sendo “continuamente” removida pelo animal em pastejo. Estimativas da taxa bruta de produção de tecido vegetal, pelas taxas simultâneas de remoção pelo pastejo e de perda de tecido por senescência e morte sem que haja mudanças nos valores de massa de forragem, encontram-se descritos na literatura (Spedding, 1965; Morris, 1969).

Sob lotação contínua, se o dossel é mantido a baixos valores de IAF, a adaptação estrutural da cultura reduz a severidade relativa de desfolhação, aumentando a densidade populacional de perfilhos e produzindo perfilhos menores e/ou mais prostrados. A grande população de perfilhos, cada um produzindo folhas pequenas, possibilita que o dossel mantenha a produtividade a partir de assimilação contínua via fotossíntese. Por outro lado, em dosséis mantidos a altos IAFs, a elevação de folhas e pontos de crescimento para o horizonte pastejado aumenta a proporção de tecido foliar que é removido (Hughes & Jackson, 1974). Essas alterações podem levar a estrutura do dossel a um grau de deterioração a partir do qual não é possível recuperá-la (Parsons, 1988).

Num dossel mantido a baixo IAF, folhas jovens estão expostas a altas intensidades luminosas e isso evita que haja decréscimo no

potencial fotossintético, característico das folhas velhas e sombreadas encontradas em dosséis desfolhados com baixa frequência, onde o IAF é alto durante a estação de crescimento (Parsons et al., 1983a). Todavia, a adaptação estrutural e o alto potencial fotossintético das folhas nos dosséis mantidos a baixo IAF, não são capazes de compensar a reduzida área foliar. Grande parte da luz incidente é interceptada por bainhas de folhas, que escapam da desfolhação. Porém, em virtude de ser o tecido das bainhas jovens incluso dentro dos tecidos (às vezes mortos) de bainhas mais velhas, sua contribuição para a fotossíntese do dossel é pequena. Portanto, reduções progressivas nas taxas de fotossíntese do dossel são observadas à medida que a intensidade de desfolhação aumenta (Parsons et al., 1983a; King et al., 1984).

Em pastos sob lotação contínua, a taxa bruta de produção não está apenas sob a influência da assimilação fotossintética líquida do dossel mas também da razão com que a matéria seca é perdida por respiração e exportada para partes não passíveis de colheita da planta (Parsons, 1988). Quando o IAF é alto, embora a maior massa de tecido vivo a ser mantido aumente as taxas de respiração de “manutenção” (mas não de “crescimento”), a proporção de matéria seca perdida (aproximadamente 45%) é similar àquela de dosséis mantidos a baixo IAF, o mesmo acontecendo com a proporção da fotossíntese bruta (aproximadamente 10%) que é direcionada para órgãos não passíveis de colheita. Portanto, a produção bruta da parte aérea é maior a altos valores de IAF.

Muito mais esforços de pesquisa têm sido direcionados para o estudo dos efeitos da desfolhação intermitente do pasto, em comparação com estudos de lotação contínua. A desfolhação intermitente apresenta uma diferença fundamental em relação à lotação contínua, que é a existência de períodos bem definidos e garantidos de IAF crescente na ausência de desfolhação. Esses períodos de rebrotação são caracterizados por altas taxas de acúmulo líquido, em função da crescente interceptação luminosa e das vantagens conferidas pela fase "lag entre a mudança na taxa bruta de produção de tecido e a mudança correspondente na taxa de morte de tecidos. Isso não é observado em dosséis sob lotação contínua principalmente porque a taxa bruta de produção de tecido varia muito pouco (Parsons et al., 1983b; Johnson & Parsons, 1985).

Após a desfolhação, a capacidade fotossintética do dossel depende da quantidade e do potencial fotossintético do tecido remanescente. Após a desfolhação de um dossel com alto IAF, esse potencial é reduzido devido às baixas intensidades luminosas experimentadas pelas folhas remanescentes, antes da desfolha (Woledge, 1971, 1978). O que se segue é um período em que a fotossíntese por unidade de IAF aumenta, em decorrência da adaptação das folhas velhas e da produção de novas folhas (Parsons, 1988). Isso demonstra que uma relação simples entre o IAF e fotossíntese do dossel não existe.

Perdas de matéria seca por morte podem ser significativas durante períodos de alto IAF no final do período de rebrotação, uma vez que, em dosséis densos, o auto-sombreamento excessivo pode acelerar a senescência de perfilhos jovens (Kays & Harper, 1974). Além disso, outras perdas podem ocorrer durante a desfolhação em função da rápida renovação de tecido foliar e, em alguns casos, dos danos mecânicos causados por animais ou máquinas (Watkin & Clements, 1978).

Na prática, a eficiência de colheita da forragem em pastagens é frequentemente preterida em favor de altos desempenhos animais individuais. Isso frequentemente resulta em baixa produtividade animal e perdas excessivas de matéria seca por morte (Leafe & Parsons, 1983). Embora a estrutura do sistema de produção possa, às vezes, requerer altos níveis de consumo por animal (Parsons, 1988), se as taxas de lotação forem muito baixas o consumo por hectare também o será (Mott, 1961). Sob lotação contínua, máxima produtividade animal requer a manutenção de baixos valores de IAF, nos quais uma grande proporção do tecido produzido é efetivamente colhida, embora as taxas de fotossíntese e de produção bruta de parte aérea sejam menores que seus máximos. A quantidade de tecido perdido por senescência e morte pode ser menor sob lotação contínua do que sob desfolhação intermitente. Todavia, quando a desfolhação intermitente é severa, proporções similares da produção bruta são colhidas em ambos os sistemas (Parsons, 1988), indicando que não existem vantagens óbvias de um método sobre o outro. Parsons (1985) demonstrou que produções quase-máximas por hectare podem ser combinadas com produções quase-máximas por animal, se for mantida uma alta densidade populacional de perfilhos,

minimizando assim a possibilidade de deterioração da estrutura do dossel.

O manejo do pastejo tem um impacto muito grande sobre a maioria dos processos envolvidos em sistemas baseados no uso de pastagens e influencia não somente o crescimento e a morfologia das plantas mas também a economia de nutrientes do crescimento da pastagem através de mudanças na quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo (Brock et al., 1989). Os resultados de experimentos de corte que foram delineados para fornecer informação sobre frequência e intensidade de desfolha em diferentes plantas forrageiras demonstraram que cortes pouco frequentes e altos resultaram em maior acúmulo total de forragem do que cortes frequentes e baixos tanto em regiões temperadas como em tropicais (McMeekan, 1960; Anslow, 1967; Agyare & Watkin, 1967), exceção feita a algumas espécies forrageiras prostradas e de porte baixo, frequentemente estoloníferas e/ou rizomatosas. No entanto, esses resultados dificilmente têm sido traduzidos com sucesso em aumentos de produção animal em estudos de pastejo onde a associação negativa, comumente observada entre acúmulo, valor nutritivo, e grau de utilização da forragem produzida, frequentemente compensa aquele aumento obtido a partir de pastejos pouco frequentes e altos. Além disso há que se considerar também os efeitos de longo prazo que intervalos maiores entre cortes ou pastejos pouco intensos têm sobre a densidade de perfilhos e a composição botânica do dossel, efeitos estes que variam ao longo do ano à medida que a condição morfológica da planta forrageira varia (Tainton, 1974).

A forte relação existente entre IAF, interceptação luminosa e crescimento da pastagem já foi fartamente reportada na literatura (Brougham, 1956; Brougham, 1957; Anslow, 1965; Brougham & Glenday, 1967; Anslow & Back, 1967; Davies, 1974; Parsons et al., 1988a; 1988b). Como consequência, métodos de manejo da pastagem foram propostos com o objetivo de maximizar a interceptação luminosa para obtenção de altas produções anuais de forragem. Entretanto, dentre os muitos outros fatores que influenciam produção de forragem, as perdas decorrentes de senescência, morte, e decomposição de tecidos são também importantes determinantes da produção líquida de forragem (matéria seca passível de ser colhida) (Korte & Harris, 1987).

O padrão característico de produção de forragem de uma pastagem manejada intensivamente reflete o padrão anual de radiação solar incidente, o equilíbrio entre fotossíntese e perdas por respiração e morte e a distribuição variável de assimilados acima e abaixo do nível do solo (Leafe et al., 1974). A produção líquida de forragem é, portanto, função do crescimento de forragem nova e da morte e desaparecimento de forragem velha. Práticas agrônômicas podem afetar ambos os processos e, por essa razão, é importante que ambos possam ser avaliados a fim de propiciar condições adequadas para se explicar os diferentes padrões de acúmulo (Korte & Sheath, 1979).

Desfolhações mais frequentes e intensas (baixas), seja por corte ou pastejo, geralmente reduzem o crescimento da pastagem (McMeekan, 1960; Anslow, 1967; Agyre & Watkin, 1967), mas nem sempre reduzem a quantidade de forragem colhida. Reduções em crescimento a partir de desfolhações mais frequentes e intensas podem ser total ou parcialmente compensadas por uma melhor utilização (aproveitamento) da forragem acumulada e, portanto, por redução nas perdas de forragem não colhida (Bircham & Hodgson, 1983; Grant et al., 1983; Korte et al., 1984; Korte & Harris, 1987; L'Huillier, 1987a, 1987b; Xia et al., 1990). Este equilíbrio entre crescimento e senescência em resposta a manipulação do manejo fornece um “mecanismo homeostático” que limita variações na taxa líquida de acúmulo de forragem por unidade de área (Grant et al., 1985).

Diferenças em resposta à desfolhação ocorrem em função de diferenças na remoção de área fotossintética e meristemas, regeneração de gemas, florescimento, produção de sementes, reservas de sementes no solo e regeneração de plântulas (Korte & Harris, 1987). O efeito de desfolhações mais frequentes e intensas tem sido atribuído a: (i) interceptação luminosa reduzida pelos tecidos fotossintéticos; (ii) esgotamento das reservas metabólicas das plantas; (iii) absorção reduzida de nutrientes e água; e (iv) danos causados nos meristemas apicais ou esgotamento da reserva de sementes. A importância relativa destes fatores depende das condições de ambiente e da espécie de planta forrageira (Harris, 1978).

Sob condições de ambiente favoráveis, a taxa de crescimento da pastagem aumenta à medida que ocorre aumento da área foliar das

plantas, uma vez que, associado a este, ocorre aumento da interceptação luminosa. A taxa máxima de crescimento é atingida quando as folhas menos iluminadas encontram-se no ponto de compensação luminosa, o que geralmente acontece quando cerca de 95% da luz incidente é interceptada (Korte & Harris, 1987). Desfolhações mais frequentes e intensas reduzem a área foliar reduzindo, desta maneira, a interceptação luminosa e o crescimento das plantas forrageiras (Brougham, 1956).

Após a desfolhação, metabólitos para a produção de novos perfilhos e raízes são originados da fotossíntese existente ou das reservas metabólicas previamente acumuladas (Brougham, 1957). Reservas orgânicas são mais necessárias nas situações em que a área foliar residual ou remanescente é pequena ou onde esta área foliar apresenta uma baixa eficiência fotossintética (Brougham, 1957; Korte & Harris, 1987). Desfolhações frequentes e intensas podem resultar em crescimento mais lento da pastagem uma vez que reduzem a oportunidade para restabelecimento pleno dos níveis originais de reservas orgânicas pela planta forrageira. A importância dessas reservas varia consideravelmente com a espécie de planta e com o meio ambiente, e tornam-se mais importantes em situações onde extremos climáticos de seca ou baixas temperaturas reduzem drasticamente o crescimento durante períodos prolongados de tempo (Harris, 1978).

Desfolhações frequentes e intensas podem reduzir a absorção de nutrientes e água do solo através de três mecanismos (Harris, 1978): (i) redução no crescimento da raiz imediatamente após a desfolha, limitando o uso de água e nutrientes pela planta; (ii) redução na transpiração, restringindo a absorção de nutrientes; e (iii) redução nos níveis de assimilados, tanto das reservas orgânicas como da fotossíntese, limitando a absorção ativa de íons (Korte & Harris, 1987).

As técnicas de utilização de plantas forrageiras sob pastejo no Brasil são, atualmente, baseadas no conceito de que rebrota vigorosa pode ser obtida através da preservação de meristemas apicais associada a índice de área foliar remanescente dado que, em condições de campo, é difícil se avaliar os níveis de reservas orgânicas das plantas. Esta parece ser a razão pela qual um grande número de trabalhos de pesquisa procura estabelecer combinações ideias entre frequência e altura de corte ou pastejo com a finalidade

de definir o melhor e mais apropriado método de uso das plantas forrageiras. No entanto, o que interessa no manejo destas plantas é a associação entre rebrota vigorosa, produção e utilização (aproveitamento) da forragem acumulada (Frame, 1992).

Em termos práticos, um conceito de manejo racional de pastagens corresponderia a uma técnica que permitisse a colheita do máximo de forragem verde possível como consequência da redução das perdas por morte, senescência e decomposição de tecidos a um patamar mínimo. Este ponto de colheita pode ser determinado para as diferentes espécies e cultivares de plantas forrageiras através de estudos de fluxo e renovação de tecidos (dinâmica de acúmulo de matéria seca) aliados a avaliações da demografia de perfilhos. Isto tem aberto novas oportunidades na ciência de manejar pastos que pode trazer resultados positivos duradouros. A única maneira de se planejar, idealizar e desenvolver sistemas de produção animal em pastagens que sejam equilibrados e autossustentáveis é através do conhecimento profundo dos componentes básicos deste sistema (solo, planta, animal e meio ambiente) assim como das interrelações entre eles (ecologia da pastagem).

Produtividade animal em pastagens: conceitos e fatores que impactam o ganho por animal e por hectare

A produtividade animal em pastagens decorre de interrelações complexas entre diversos fatores, mas resulta, no final, do produto entre produção por animal e o número de animais por unidade de área (taxa de lotação) (Fig. 1).

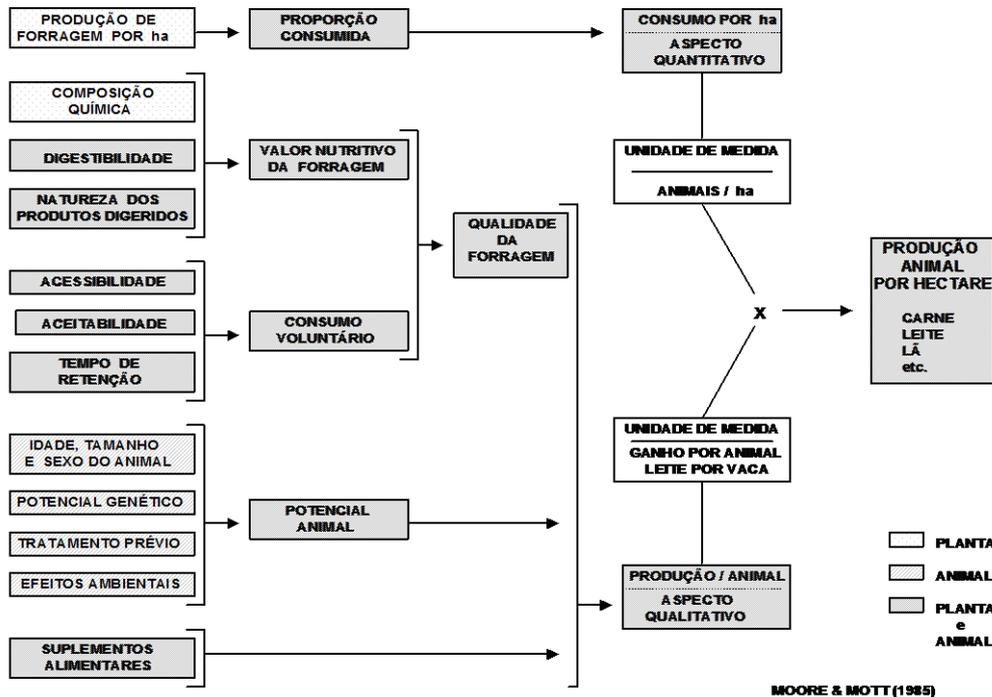


Figura 1. Componentes da produtividade animal em pastagens (adaptado de Moore & Mott, 1985)

De um lado, o desempenho animal pode ser limitado pelo potencial genético dos animais envolvidos, as proporções relativas de animais produtivos e não-produtivos e, em alguns casos, infestação por ecto e endoparasitas. O desempenho animal é também uma função direta da ingestão de nutrientes pelo animal, a qual pode ser influenciada acentuadamente por características do dossel sobre o qual os animais estão pastejando (Hodgson & Maxwell, 1981). A taxa de lotação é determinada pelo potencial de produção da pastagem, o qual é basicamente uma função da fertilidade do solo, espécie forrageira e regime de desfolhação ou manejo do pastejo conforme já discutido. O manejo de pastagens é, portanto, uma questão de se atingir o equilíbrio entre os objetivos de produção animal, manutenção da produtividade do pasto e utilização da forragem produzida antes que esta inicie os processos de morte e decomposição (Hodgson & Maxwell, 1981).

Segundo Hodgson (1990), cada uma das etapas de produção possui sua própria eficiência, a qual pode ser influenciada pelo manejo e que, em conjunto, determinam o nível de produção a ser atingido por um determinado sistema (Fig. 2).

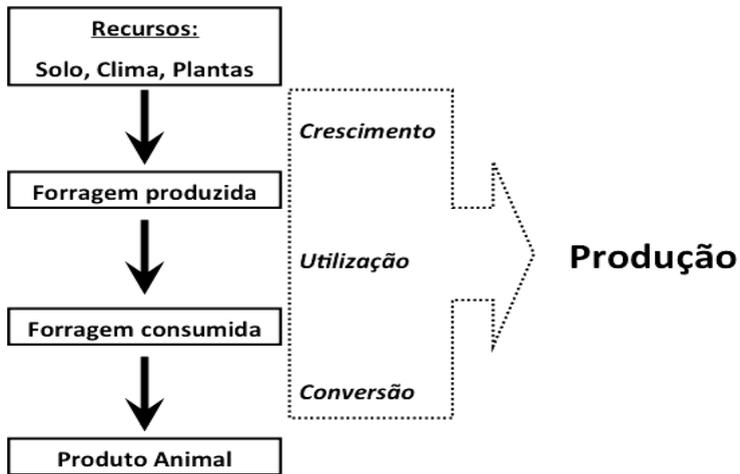


Figura 2. Etapas da produção animal em pastagens. Adaptado de Hodgson (1990).

Em muitas situações o tecido das plantas (forragem) é colhido e frequentemente armazenado antes de ser fornecido aos animais, razão pela qual as etapas de crescimento e utilização são

essencialmente independentes uma da outra. Em sistemas de produção em pastagens, contudo, essas etapas não podem ser separadas, e as interações entre elas exercem uma influência importante sobre a produção animal do sistema. Por exemplo, o animal em pastejo pode afetar a taxa de acúmulo de forragem (i) pela remoção de partes da planta, (ii) por outros prejuízos físicos diretos às plantas ou ao solo, ou (iii) pela reciclagem de nutrientes por meio de suas fezes e urina. Em contrapartida, o animal em pastejo pode ser afetado pela estrutura do dossel forrageiro, pela quantidade e pelo valor nutritivo da forragem consumida. Como consequência da íntima interdependência entre as etapas de produção, decisões de manejo que melhorem a eficiência em um dado estágio etapa podem reduzi-la em outro e vice-versa. Isso limita a possibilidade de melhoria da produção a partir de simples mudanças no manejo, mas também limita o risco que um sistema tem de entrar em colapso como consequência de decisões equivocadas. A essência do manejo de áreas de pastagens é, portanto, atingir um balanço harmônico entre eficiências dos três principais estágios etapas de produção: crescimento, utilização e conversão (Hodgson, 1990).

O principal objetivo de um sistema de produção animal em pastagens, independente do método de pastejo utilizado, é obter lucro. Nenhuma operação de manejo tem sentido se o fluxo de caixa do sistema de produção for negativo. O método a ser utilizado deve ser operacional e flexível o suficiente para proporcionar vantagens de seu uso e reduzir riscos, entre os quais aqueles influenciados pelas condições climáticas (Rouquette Jr., 1993). O manejador deve estar familiarizado com os padrões locais da variabilidade climática do local onde funciona o sistema de produção. Esses fatores ambientais influenciarão o crescimento da forragem e os períodos de pastejo onde podem ocorrer sub- e sobrepastejo. Na maioria dos sistemas, há uma faixa de tempo limitada onde a taxa de lotação e a produção de forragem se equivalem. Desfolhação excessiva ou sobre pastejo seguido de um seca prolongada podem reduzir os recursos forrageiros por vários anos. Além do clima, a produtividade do pasto está influenciada pelas condições de solo, e a fertilidade da área e seu manejo podem influenciar o ajuste da taxa de lotação (Rouquette Jr., 1993). Conforme já explicitado, qualquer que seja o método de pastejo, ele conceitualmente implica num certo grau de controle sobre o pasto e os animais.

Várias são as estratégias de pastejo (métodos de colheita da planta forrageira) disponíveis. Dentre elas, as mais conhecidas e comuns são a de lotação contínua (presença constante dos animais na área sendo colhida) e aquela que congrega uma gama de variações de desfolhação intermitente, a mais comum delas o pastejo rotativo ou lotação rotativa. Cada um desses métodos de pastejo possui uma série de variantes (Maraschin, 1986). Por exemplo, no caso de pastejo sob lotação contínua este pode ser executado com uma taxa de lotação fixa ou variável se o número de animais e a área de pastejo são mantidos inalterados ou se variam ao longo do tempo, respectivamente. Da mesma forma a desfolhação intermitente possui uma série de variantes como o pastejo em faixas, alternado, rotativo, etc.

A técnica de pastejo baseada em lotação contínua com taxa de lotação fixa corresponde a uma situação em termos de suprimento: demanda de um sistema onde, para que o equilíbrio satisfatório seja mantido ao longo do ano e para que animais não passem fome, a taxa de lotação é normalmente calculada com base na menor produção de forragem no ano (época da seca) e, dificilmente, se prevê qualquer tipo de alimentação volumosa suplementar. Como consequência, tais sistemas são caracterizados, invariavelmente, por baixa taxa de lotação, e elevadas perdas de forragem tanto qualitativas (forragem passada) como quantitativas (forragem desperdiçada em função de incapacidade de colheita). Além disso, a possibilidade e oportunidade para controle da frequência, intensidade e época de corte das plantas forrageiras, assim como controle do nível de ingestão dos animais em pastejo (consumo), são praticamente nulas, o que caracteriza esses sistemas como sendo pouco intensivos, ou melhor, extensivos, uma vez que a exploração eficiente e efetiva de cada unidade de recurso disponível na fazenda dificilmente ocorre. Raramente se utiliza ou se planeja o uso de alimentos volumosos suplementares nesta situação uma vez que, no contexto descrito, isto seria um ônus para o sistema sem benefício líquido e efetivo algum sendo gerado.

À medida que essa situação é reconhecida e assume-se a necessidade de se melhorar a produtividade do sistema de produção, uma colheita mais eficiente da forragem produzida passa a ser fundamental, pois asseguraria aumentos em taxa de lotação e desempenho animal através do melhor aproveitamento e condições

de ambiente fornecidas ao pasto. Dentro, ainda, de uma política de manter como referencial para planejamento da taxa de lotação da fazenda a época da seca (baixa produção forragem) e pouco uso de alimentação volumosa suplementar, a técnica de lotação contínua pode evoluir da taxa de lotação fixa para a taxa de lotação variável, situação que permite assegurar diferentes taxas de lotação para diferentes épocas do ano. Assim, o controle da relação suprimento:demanda é realizado, basicamente, através de ajustes no número de animais na fazenda e/ou no tamanho da área sendo destinada ao pastejo. Esta mudança na estratégia de uso da forragem permite uma colheita mais eficiente, quantitativamente (menos perdas), da forragem mas, no entanto, para que seja viabilizada dentro do contexto descrito, a produção animal e/ou animais são colocados à disposição do mercado em situações muitas vezes desfavorável em termos de comercialização devido a obrigatoriedade de venda numa época do ano onde a oferta de produto é, muitas vezes, superior a demanda. Assim, em termos biológicos, o sistema melhora em eficiência e favorece o uso mais intensivo dos recursos disponíveis. No entanto, se melhoria adicional for idealizada nesta situação, o uso de uma quantidade mínima de suplementos se fará necessária. Apesar de tudo são sistemas ainda pouco intensivos se comparados com o potencial biológico das plantas forrageiras tropicais constituintes de nossas pastagens.

Para que exploração efetiva do potencial de produção destas plantas possa ser feita, uma mudança conceitual em termos de produção animal a pasto deve ocorrer. Neste sentido o referencial a ser assumido para planejamento da lotação de uma fazenda deve ser aquela época do ano onde as plantas produzem em abundância, permitindo lotações elevadas. Assim, dentro de uma filosofia de exploração do potencial de produção de plantas forrageiras tropicais, altas taxas de lotação são essenciais a fim de garantir colheita eficiente e efetiva da forragem acumulada e permitir a alimentação adequada dos animais em pastejo. Quando este novo referencial é assumido e taxas de lotação elevadas são obtidas como parte do planejamento, gera-se um desbalanço proporcional na relação suprimento:demanda do sistema em função da forte estacionalidade e concentração da produção na época da águas. Isso requer, em maior ou menor grau (maior ou menor taxa de lotação, respectivamente), o uso de alguma modalidade de alimentação volumosa suplementar

com a finalidade de assegurar lotações médias elevadas ao longo de todo o ano (Da Silva & Pedreira, 1996). Em tais sistemas tornam-se bastante aparentes duas épocas distintas em termos de uso das pastagens: águas - crescimento vigoroso das plantas forrageiras, altas taxas de lotação e forragem colhida na forma de pastejo (exclusivamente); seca - crescimento pequeno, pequena representatividade da pastagem na alimentação da elevada taxa de lotação e uso intensivo de fontes de alimentos volumosos suplementares.

Na situação descrita, durante o período de crescimento ativo e vigoroso das plantas forrageiras em pastagens a velocidade de rebrotação e acúmulo de forragem é muito grande (tão maior quanto maior o potencial de produção da espécie forrageira) fazendo com que grandes produções de forragem sejam asseguradas, mas com um risco potencial muito grande de perda de qualidade devido a atrasos de colheita ou pastejo mal executado. Nestas situações, a única técnica de colheita que permite assegurar aproveitamento eficiente da produção, respeitando as exigências específicas e particulares de frequência, intensidade e época de corte de cada planta forrageira a fim de garantir sua produtividade e longevidade, é a modalidade de pastejo rotativo, que permite não só o controle dos parâmetros de desfolhação e/ou colheita das plantas forrageiras citados, mas também a regulagem efetiva do grau de precisão de nossa “máquina colhedora”, a boca do animal sob pastejo, uma vez que é possível racionar alimento e/ou controlar o nível de oferta de forragem a partir do uso desse método de pastejo (Hodgson, 1990). Assim, sistemas eficientes e eficazes de colheita podem ser idealizados assegurando aproveitamento ótimo da forragem produzida e condições favoráveis para novas colheitas (rebrotação da pastagem), o que faz com que sistemas baseados na concepção acima sejam sistemas intensivos de produção e que, conseqüentemente, apresentem elevados índices de produtividade animal potencial. Em situações onde este tipo de exploração de pastagens se faz presente, as adubações são realizadas também durante a época de crescimento ativo das plantas forrageiras, fato este que faz com que o desequilíbrio da relação suprimento:demanda do sistema seja ainda maior.

Se, de uma maneira simplista, uma escala em ordem crescente de intensificação do uso de plantas forrageiras em pastagens pudesse

ser estabelecida a partir dos métodos de pastejo disponíveis, ela apresentaria no primeiro degrau a técnica de lotação contínua com taxa de lotação fixa e no último o pastejo rotacionado, sendo os demais degraus (níveis de intensificação intermediários) variantes das técnicas descritas e dos diferentes níveis de eficiência com que essas técnicas são implementadas e conduzidas (Fig. 3).

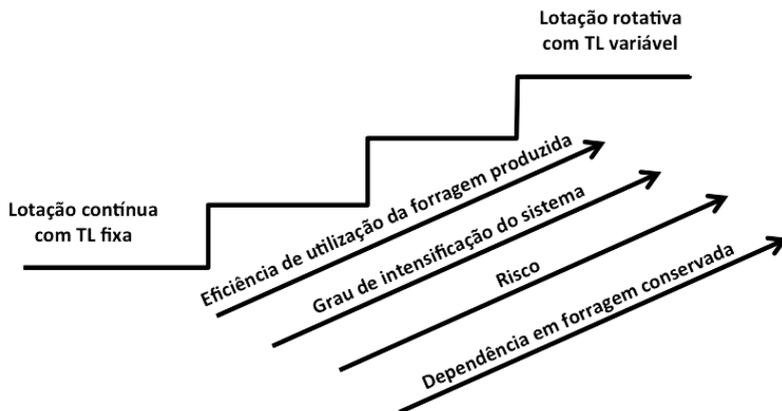


Figura 3. Níveis de intensificação da produção animal em pastagens, com base no método de pastejo e ajuste ou não na taxa de lotação. Características do sistema que também variam incluem a eficiência de uso da forragem produzida, a dependência em suplementação volumosa, e o nível de risco do empreendimento.

Podem haver alguns benefícios quanto ao uso da lotação rotativa em relação à lotação contínua (Bransby, 1991) mas cuidados devem ser tomados na interpretação de resultados de pesquisa, face à grande variação experimental encontrada na literatura. Evidências mostram pouco ou nenhum benefício da lotação rotativa, mas em termos gerais tem-se que a principal vantagem é a maior taxa de lotação possível de ser obtida, mas, em muitos casos, esta vantagem é neutralizada por uma redução do desempenho animal.

Nas regiões de clima temperado, uma resposta animal por área (produtividade) 8-10% maior pode ser obtida na lotação rotativa quando comparada à lotação contínua (Matches & Burns, 1995). Nos trópicos, em sistemas com desempenhos animais menores, a lotação contínua pode gerar resultados superiores aos da rotativa. Conforme também já enfatizado, as diferenças relativas às vantagens de um

método em relação a outro são frequentemente prejudicadas pelas características dos trabalhos que os comparam, que frequentemente envolvem apenas um nível de taxa de lotação, oferta de forragem ou pressão de pastejo para cada método, e esses fatores podem ter seus efeitos confundidos com os do método de pastejo empregado. Há um grande número de variações no pastejo sob lotação rotativa (incluindo número de piquetes, frequência, etc.) que podem influenciar o resultado deste método de pastejo numa comparação com a lotação contínua (Bransby, 1991; Matches & Burns, 1995; Rodrigues & Reis, 1997).

As principais vantagens da lotação rotativa são o aumento da taxa de lotação, redução da seleção e de áreas de pastejo desuniforme no piquete, aumento da sobrevivência de espécies e consorciações de plantas que não toleram lotação contínua, oportunidade de conservação de forragem, e maior tempo de utilização da forragem (Bransby, 1991; Matches & Burns, 1995). Em termos gerais, a maior capacidade de suporte é consequência da produção de forragem devido ao intervalo de desfolhação mais longo, quando comparado à lotação contínua. Em contrapartida, isso é conseguido às custas de menor desempenho animal individual. O resultado líquido é que a diferença no ganho por área torna-se muito pequena ou nula (Bransby, 1991). Sob lotação rotativa, um eventual excesso de forragem pode ser mais facilmente colhido e conservado como feno ou silagem para ser usado em épocas de escassez, ou ainda diferido para uso posterior. A pretensa intensificação da produção de forragem através do uso da lotação rotativa normalmente não adiciona mais produtividade durante o período de crescimento, mas pode haver um aumento de 11-22% na colheita por hectare de nutrientes digestíveis totais (NDT) (Pigden & Greenshields, citados por Matches & Burns, 1995). O aumento da proporção de forragem ofertada que é consumida em cada piquete, ou seja, sua eficiência de pastejo, geralmente favorece altas produções animais por hectare. Perdas devido ao pisoteio, morte, e decomposição de forragem não pastejada são reduzidas com mais pastejos (Matches & Burns, 1995).

A lotação rotativa resulta em produção de forragem com características qualitativas variáveis, quando o período de ocupação do piquete é maior que um dia, se o critério para estabelecer o período de descanso for cronológico e fixo. Há um declínio constante e diário no valor nutritivo da forragem presente no piquete (Matches

& Burns, 1995). Num primeiro momento, no início do período de pastejo, os animais têm acesso a forragem com elevada quantidade de folhas, de alto valor nutritivo. A forragem ofertada nos dias sucessivos de pastejo no mesmo piquete tem sua composição morfológica continuamente alterada, com maior proporção de colmos e valor nutritivo inferior ao do dia anterior.

Nas condições do Brasil Central, geralmente, pastejo sob lotação contínua ocorre em áreas extensas e menos intensamente manejadas, porém também é utilizado em propriedades de produção intensiva onde há pastos menores. A taxa de lotação pode ser fixa ou variável durante a estação de crescimento. A lotação contínua requer menor investimento em cercas e aguadas além de, em teoria, exigir menor número de decisões de manejo (mais obviamente se a taxa de lotação for fixa), o que tornaria mais fácil a sua aplicação correta. Esse método de pastejo é tido como aquele que normalmente proporciona ao rebanho melhor oportunidade de seleção de forragem durante o pastejo e, assumindo que isso é verdadeiro, a possibilidade de seleção frequentemente resulta em melhor desempenho animal que aqueles proporcionados pela lotação rotativa. Quando a lotação contínua é utilizada trabalhando-se com taxa de lotação variável pode-se reduzir a heterogeneidade espacial do pastejo e balancear o suprimento e a demanda de forragem mais adequadamente.

As maiores limitações normalmente atribuídas à lotação contínua são sua menor capacidade de suporte devido a desfolhações mais frequentes, maior seletividade de forragem e desuniformidade de pastejo, e menor persistência de espécies que são intolerantes à desfolhação frequente, como as espécies cespitosas de porte alto. A menor taxa de lotação conseguida sob lotação contínua pode ser verdadeira mas ela é compensada por um melhor desempenho animal, o que resulta em ganhos por área (produtividades) semelhantes às do pastejo rotativo, que trabalharia com taxas de lotação maiores e menores desempenhos individuais. A desuniformidade de pastejo resulta da seletividade, que é o que proporciona melhor desempenho animal. A persistência de espécies sob lotação contínua pode ser conseguida com espécies mais adaptadas e com ajustes da taxa de lotação para adequar altura e frequência de desfolhação (Bransby, 1991).

Os métodos de desfolhação intermitente como a lotação rotativa têm sido preconizados como mais eficientes que o de lotação

contínua, por resultarem em maior produtividade animal, maior eficiência de utilização da forragem produzida, e melhor controle de parasitas. Os resultados práticos, no entanto, mostram que o desempenho animal é variável, podendo ser maior, ou menor, ou ainda sem diferenças entre os métodos, e o consenso parece ser de que o principal efeito é um aumento na capacidade de suporte. Kee et al. (1991) compararam os dois métodos num trabalho de pastejo de capim-bermuda [*Cynodon dactylon* (L.) Pers.] cv. Tifton 44 por 2 anos, e reportaram que no primeiro ano, quando houve melhor condição climática e maior precipitação, o desempenho animal foi melhor com menores taxas de lotação, quando o método de pastejo era de lotação contínua, mas menor quando o método de pastejo era lotação rotativa. Também não encontraram diferenças entre os métodos no segundo ano, quando as condições climáticas, com menor precipitação, não foram favoráveis ao crescimento das plantas. Além disso, a eficiência de pastejo foi mais afetada pela taxa de lotação que pelo método de pastejo. No primeiro ano, quando as chuvas favoreceram o crescimento mais vigoroso da forragem, as características qualitativas foram melhores sob lotação contínua, com taxas de lotação menores, e também quando as taxas de lotação eram maiores no rotativo. Quando o crescimento foi limitado pela seca não houve diferença entre os métodos. A conclusão a que os autores chegaram é que a taxa de lotação e a condição climática (chuvas) são mais importantes que o método de pastejo na determinação da produtividade do sistema.

O método de pastejo, qualquer que seja ele, para ser eficiente com um balanço adequado entre a quantidade e a qualidade de forragem, e otimizar a utilização da forragem pelo animal, deve idealmente ser combinado com a adoção da taxa de lotação variável. Isso pode ser feito tanto em lotação rotativa como em lotação contínua mas requer diagnóstico e gerenciamento na propriedade. Animais e forragem devem interagir de forma complementar às necessidades uns dos outros, o que significa que as práticas de movimentação do rebanho entre piquetes sejam feitas de maneira pronta e correta, e que sejam justificadas em função das necessidades da planta e do animal, e não em função de um calendário ou épocas de mudanças pré-programadas. O manejador deve tomar decisões regularmente, combinando critérios para o atendimento das

necessidades dos pastos com as exigências (quantitativas e qualitativas) dos animais (Rouquette Jr., 1993).

A produção de carne ou leite nos diferentes métodos de pastejo poderá ser satisfatória e pouco variável entre métodos se houver quantidade e qualidade de forragem. Escolhas baseadas no conhecimento da biologia da espécie forrageira e do tipo de animal e desempenho desejado, são necessários para tomar as decisões acertadas. A escolha do método de pastejo também deve considerar a prática de manejo e habilidade do produtor em avaliar os pastos e os animais constantemente (Matches & Burns, 1995). Ocorre que a sofisticação que envolve certos sistemas, muitas vezes desnecessária, exigindo constante acompanhamento técnico, além de decisões de manejo, é frequentemente o fator limitante à sua adoção, uma vez que resultados semelhantes podem ser obtidos por processos às vezes mais simples e de menor custo (Rodrigues & Reis, 1997). As espécies forrageiras diferem em morfologia, qualidade intrínseca (geneticamente determinada), taxa de declínio do valor nutritivo, e persistência sob desfolhação. Espécies cespitosas, de porte alto, normalmente adaptam-se melhor à desfolhação intermitente característica da lotação rotativa, enquanto que espécies de porte baixo, prostradas ou estoloníferas, são mais usadas sob lotação contínua (Rodrigues & Reis, 1997). Essas diferenças, além dos outros componentes do sistema, tais como as características da estação de crescimento, exigências de manejo dos animais (época de parição, intervalo entre partos, idade de desmama, condição corporal, etc.), definem a flexibilidade de manejo que deverá ser possível para obter a resposta animal desejada.

Considerações finais

A intensificação da produção animal em pastagens é frequentemente associada ao método de pastejo, mas parece não ser apropriado buscar algo de conclusivo com relação à superioridade de um método sobre outro sem que alguns pontos sejam levados em consideração. Em estudos com espécies forrageiras de clima temperado onde se compararam a lotação contínua e a rotativa, é evidente que os métodos fazem parte de um mesmo “continuum” de respostas, e que não são antagônicos ou mutuamente exclusivos como frequentemente se sugere. Uma produtividade teórica até 20% maior poderia ser esperada, para espécies de clima temperado, com a

utilização de lotação rotativa (Parsons et al., 1988a), mas há fortes evidências de que esta vantagem é relativa, pois a eficiência de utilização do que é produzido pode ser baixa (Parsons & Chapman, 1998; Grant et al., 1988). Embora comparações entre os dois métodos possam ser pouco eficientes em acrescentar ao conhecimento para espécies forrageiras de clima temperado (Lemaire & Chapman, 1996), é razoável argumentar que alguns aspectos ainda estão por ser elucidados em muitas espécies de clima tropical, cuja fenologia, especialmente no que diz respeito ao florescimento e ao alongamento vegetativo de colmos, difere significativamente daquela das espécies de clima temperado. Além disso, apesar do elevado potencial para geração de novas tecnologias para otimizar o manejo de espécies forrageiras tropicais, especialmente no Brasil Central, fatores do contexto socioeconômico (como, por exemplo, o profissionalismo do produtor, incluindo sua compreensão dos conceitos, e os aspectos mercadológicos, incluindo o desejo do produtor em ter seus riscos aumentados) podem influenciar na viabilidade de adoção de práticas já suficientemente provadas e aprovadas em outros ambientes. As gramíneas tropicais, muitas das quais apresentam alongamento vegetativo de colmos, aparentemente se adaptariam melhor e talvez, na média, possam desempenhar melhor sob lotação rotativa. No entanto, as comparações entre métodos tradicionalmente feitas com espécies forrageiras tropicais têm sido pouco elucidativas uma vez que não têm investigado a essência biológica dos processos envolvidos. Assim, identifica-se a necessidade de novos enfoques na pesquisa com espécies tropicais, utilizando a aplicação de conceitos de ecologia, fisiologia, e morfologia para que o fundamento biológico norteie as discussões, conclusões, e recomendações.

Referências bibliográficas

- AGYARE, J.A.; WATKIN, B.R. Some effects of grazing management on the yield and its components of some pasture grasses. **Journal of the British Grassland Society**, v.22, p.182-191, 1967.
- ANSLOW, R.C. Grass growth in midsummer. **Journal of the British Grassland Society**, v.20, p.19-26, 1965.
- ANSLOW, R.C. Frequency of cutting and sward production. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.68, p.377-384, 1967.
- ANSLOW, R.C.; BACK, H.L. Grass growth in midsummer and light interception and growth rate of a perennial ryegrass sward. **Journal of the British Grassland Society**, v.22, p.108-111, 1967.
- BIRCHAM, J.S.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence under continuous stocking management. **Grass and Forage Science**, v.38, p.323-331, 1983.
- BRANSBY, D.I. Biological implications of rotational and continuous grazing: A case for continuous grazing. In: AMERICAN FORAGE GRASSLAND CONFERENCE, Columbia, 1991. **Proceedings**. Columbia: AFGC, 1991. p.10-14.
- BROCK, J.L.; CARADUS, J.R.; HAY, M.J.M. Fifty years of white clover research in New Zealand. In: PROCEEDINGS OF THE NEW ZEALAND GRASSLAND ASSOCIATION, 1989, v.50, p.25-39.
- BROUGHAM, R.W. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.7, p.377-387, 1956.
- BROUGHAM, R.W. Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.9, p.39-52, 1957.
- BROUGHAM, R.W.; GLENDAY, A.C. Grass growth in midsummer: a re-interpretation of published data. **Journal of the British Grassland Society**, v.22, p.100-107, 1967.
- DA SILVA, S.C. & PEDREIRA, C.G.S. 1996. Fatores condicionantes e predisponentes da produção animal a pasto. In:

- A.M. Peixoto; J.C. de Moura & V.P. de Faria. Eds. Anais do 13o Simpósio sobre Manejo da Pastagem. **Anais**. FEALQ, Piracicaba, SP, 99-123.
- DAVIES, L. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.82, p.165-172, 1974.
- FRAME, J. **Types of british grassland: overview**. In: Improved grassland managment. United Kingdom: Farming Press Books, 1992, p.1-10.
- GRANT, S.A. et al. Sward management, lamina turnover, and tiller population density in continuously stocked Lolium perenne dominated swards. **Grass and Forage Science**, v.38, p.333-344, 1983.
- GRANT, S.A.; BARTHAM, G.T.; TORVELL, L.; KING, J.; ELSTON, D.A. Comparison of herbage production under continuous stocking and intermittent grazing. **Grass and Forage Science**, v. 43, n. 5, p. 29-39, 1988.
- HARRIS, W. **Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composition of pasture**. In: WILSON, J.R. Plant relations in pastures. Melbourne: CSIRO, 1978. p.67-85.
- HODGSON, J. **Herbage production and utilization**. In: Grazing Management - Science into Practice. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1990, p.38-54.
- HODGSON, J.; MAXWELL, T.J. **Grazing research and grazing management**. In: HILL FARMING RESEARCH ORGANISATION, Biennial Report, 1981, p.169-187.
- HUGHES, R.; JACKSON, D.K. Impact of grazing management on sward survival. **Journal of the British Grassland Society**, v.26, p.76, 1974.
- JOHNSON, I.R.; PARSONS, A.J. A theoretical analysis of grass growth under grazing. **Journal of Theoretical Biology**, v.112, p.345-367, 1985.
- KAYS, S.; HARPER, J.L. The regulation of plant and tiller density in a grass sward. **Journal of Ecology**, 62:97-105, 1974.
- KEE, D.D.; BRANSBY, D.I.; GAMBLE B.E.; IVEY, H.W. Continuous versus rapid rotational grazing of tifton-44 bermudagrass by steers at varying stoking rate. In: AMERICAN FORAGE GRASSLAND CONFERENCE, Columbia, 1991.**Proceedings**. Columbia: AFGC, 1991. p.198-201.

- KING, J.; SIM, E.M.; GRANT, S.A. Photosynthetic rate and carbon balance of grazed ryegrass pastures. **Grass and Forage Science**, v.39, p.81-92, 1984.
- KORTE, C.J.; SHEATH, G.W. **Herbage dry matter production: The balance between growth and death**. In: PROCEEDINGS OF THE NEW ZEALAND GRASSLAND ASSOCIATION, 1979, v.40, p.152-161.
- KORTE, C.J.; WATKIN, B.R.; HARRIS, W. Effects of the timing and intensity of spring grazings on reproductive development, tillering and herbage production of perennial ryegrass dominant pasture. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.27, p.135-149, 1984.
- KORTE, C.J.; HARRIS, W. Effects of grazing and cutting. In: SNAYDON, R.W. *Managed Grasslands: Analytical Studies*. Amsterdam: Elsevier Science Publisher B.V., **Ecosystems of the World**, v.17B, 1987, p.71-79.
- LEAFE, E.L.; PARSONS, A.J. Physiology of growth of a grazed sward. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 14, 1981. Lexington, Kentucky. **Proceedings ...** Boulder: Westview Press, 1983. p.403-406.
- LEAFE, E.L.; STILES, W.; DICKENSEN, S.E. **Physiological processes influencing the pattern of productivity of the intensively managed grass sward**. In: PROCEEDINGS OF THE XII INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 1974, v.I, part I, p.442-455.
- LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. **Tissue flows in grazed plant communities**. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.) *The ecology and management of grazing systems*. Guildford: CAB International, 1996. cap.1, p.3-36.
- L'HUILLIER, P.J. Tiller appearance and death of lolium perenne in mixed swards grazed by dairy cattle at two stocking rates. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.30, p.15-22, 1987a.
- L'HUILLIER, P.J. Effect of dairy cattle stocking rate and degree of defoliation on herbage accumulation and quality in ryegrass-white clover pasture. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.30, p.149-157, 1987b.

- MARASCHIN, G.E. 1986. **Sistemas de pastejo 1**. In: A.M. Peixoto; J.C. de Moura & V.P. de Faria. Eds. Anais do 8o Simpósio sobre Manejo da Pastagem. FEALQ, Piracicaba, SP, 261-290.
- MATCHES, A.G.; BURNS, J.C. **Systems of grazing management**. In: BARNES, R.F.; MILLER, D.A.; NELSON, C.J. (Ed.) Forages: The science of grassland agriculture. 5th Ed. Ames: Iowa State University Press, 1995. p.179-192.
- McMEEKAN, C.P. **Grazing management**. In: PROCEEDINGS OF THE VIII INTERNATIONAL GRASSLAND CONFERENCE, 1960, p.21-26.
- MORRIS, R.M. 1969. The pattern of grazing in 'continuously' grazed swards. **J.Br. Grassl. Soc.** 24: 65-70.
- MOTT, G.O. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 8, 1960. Berkshire. **Proceedings ...** Oxford: Alden Press, 1961. p.606-611.
- MOTT, G.O. & MOORE, J.E. 1985. **Evaluating forage production**. p. 422-429. In: M.E. Heath, R.F Barnes, and D.S. Metcalfe (eds.) Forages - The science of grassland agriculture, 4th ed. Iowa State University Press, Ames, IA, USA.
- PARSONS, A.J. New light on the grass sward and the grazing animal. **Span**, v.28, p.47-49, 1985.
- PARSONS, A.J. et al. The physiology of grass production under grazing. I. Characteristics of leaf and canopy photosynthesis of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, v.20, p.117-126, 1983a.
- PARSONS, A.J. et al. The physiology of grass production under grazing. II. Photosynthesis, crop growth, and animal intake of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, v.20, p. 127-139, 1983b.
- PARSONS, A.J. 1988. **The effects of season and management on the growth of grass swards**. In: M.B. Jones & A. Lazenby (ed). The Grass Crop: the physiological basis of production. Chapman and Hall, London, U.K., p. 129-177.
- PARSONS, A.J.; CHAPMAN, D.F. **Principles of grass growth and pasture utilization**. In: Grass for dairy cattle. Berkshire: CAB publishing, 1998, cap. 4.
- PARSONS, A.J.; JOHNSON, I.R.; HARVEY, A. Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of

- intermittent defoliation and to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. **Grass and Forage Science**, v.43, p.49-59, 1988a.
- PARSONS, A.J.; JOHNSON, I.R.; WILLIAMS, J.H.H. Leaf age, structure, and canopy photosynthesis in rotationally and continuously grazed swards. **Grass and Forage Science**, v.43, p.1-14, 1988b.
- RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A. Conceituação e modalidades de sistemas intensivos de pastejo rotacionado. In: 14O SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS – FUNDAMENTOS DO PASTEJO ROTACIONADO, Piracicaba-SP, 1997. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, p.1-24.
- ROUQUETTE JR, F.M. Grazing management systems for optimum pasture utilization. In: 42th Annual Florida Beef Cattle Short Course. Gainesville, 1993. **Proceedings**. Gainesville:IFAS, 1993. p. 95-100.
- SPEEDING, C.R.W. 1965. The physiological basis of grazing management. **J. Br. Grassl. Soc.** 20: 7-14.
- TAINTON, N.M. **A comparison of different pasture rotations**. In: PROCEEDINGS OF THE NEW ZEALAND GRASSLAND ASSOCIATION, v.35, p.204-210, 1974.
- WATKIN, B.R.; CLEMENTS, R.J. **The effect of grazing animals on pastures**. In: WILSON, J.R. Plant relations in pastures. Melbourne: CSIRO, 1978. p.273-289.
- WOLEDGE, J. The effect of light intensity during growth on the subsequent rate of photosynthesis of leaves of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). **Annals of Botany**, v.35, p.311-322, 1971.
- WOLEDGE, J. The effect of shading during vegetative and reproductive growth on the photosynthetic capacity of leaves in a grass sward. **Annals of Botany**, v.42, p.1085-1089, 1978.
- XIA, J.X. et al. **Tiller population and tissue turnover in a perennial ryegrass pasture under har and lax spring and summer grazing**. In: PROCEEDINGS OF THE NEW ZEALAND GRASSLAND ASSOCIATION, 1990, v.51, p.119-122.

MELHORAMENTO DE PLANTAS FORRAGEIRAS PARA UMA PECUÁRIA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO.



Cacilda Borges do Valle¹
Sanzio Carvalho Lima Barrios¹
Liana Jank¹
Mateus Figueiredo Santos¹

Introdução

O Brasil, com um rebanho bovino de 209 milhões de cabeças (IBGE, 2010), o maior rebanho bovino comercial do mundo, destina grande parte da produção ao mercado interno (19,6% da produção foram destinados à exportação em 2013-ABIEC, 2013). Como a maioria do rebanho bovino é criada a pasto, considerando-se que os animais terminados em confinamento representam menos que 10% dos abates (ABIEC, 2013), o diferencial qualitativo do produto brasileiro é o chamado “boi de capim”, i. e., animais produzidos em pastagens, que constitui a forma mais econômica e prática de produzir e oferecer alimentos para os bovinos e sem riscos associados à BSE (Encefalopatia Espongiforme Bovina). Outra vantagem competitiva do país é que os custos de produção da carne brasileira são mais baixos quando comparados aos de outros países, o que coloca o nosso país como importante *player* no mercado internacional de carne, e como o maior exportador mundial de carne bovina. A pecuária de corte gera um valor bruto de produção ao redor de US\$ 50 bilhões atrás apenas do complexo soja, e a cadeia produtiva de R\$ 167,5 bilhões por ano (BRASIL, 2014) empregando cerca de 7,5 milhões de brasileiros. Em 2013, o setor pecuário contribuiu com 30,4% do PIB do agronegócio e 6,87% do PIB brasileiro (CEPEA, 2014), o que evidencia a importância econômica e social desse setor para o país.

¹ Pesquisadores da Embrapa Gado de Corte –Rua Radio Maia, 830 – Campo Grande, MS – 79106-550. E-mail: cacilda.valle@embrapa.br

A produção pecuária brasileira é feita basicamente em pastagens cultivadas durante grande parte da vida do animal, pois o Brasil tem uma aptidão natural em termos de clima, solos e topografia favoráveis, que possibilitam a obtenção de carne e leite a baixo custo, trazendo vantagens competitivas para os produtos brasileiros. Entretanto, este cenário deverá ser alterado com as mudanças climáticas globais previstas, como o aumento de eventos extremos tanto de chuvas como de secas, aumentos de temperatura e de gases na atmosfera. A intensificação dos estresses térmicos e hídricos será um problema inevitável para qualquer agronegócio nos trópicos, por isso sistemas de produção de carne bovina em pastagens com maior plasticidade de adaptação poderão, certamente, ser menos afetados e contribuir para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e da emissão de gases de efeito estufa (GEE), aumentando a eficiência de absorção e fixação de carbono no solo, reduzindo as emissões de metano pelos bovinos e óxido nitroso para a atmosfera.

Os bovinos são capazes de converter plantas em carne e leite, mas a digestão anaeróbica dessa matéria orgânica no rúmen libera metano, um gás 21 vezes mais potente em causar efeito estufa do que o CO₂. Esse gás é eliminado principalmente pela boca do boi, portanto é o arroto do animal que causa poluição. Menos de 10 % do metano é eliminado pelo intestino. A qualidade da dieta do animal tem forte influência sobre a emissão de metano e é essa uma das principais preocupações do melhoramento de plantas forrageiras visando mitigar a emissão de GEE. A seleção de candidatos a cultivar deve, portanto associar produtividade com melhor valor nutritivo a fim de permitir a produção a pasto com eficiência e baixa emissão de carbono. Além disso, para continuarmos a produzir carne de forma sustentável e ainda mantermos a competitividade da carne brasileira nos mercados externos é essencial desenvolver cultivares adaptadas a estresses bióticos e abióticos. Assim, é muito importante investir em programas focados no impacto das mudanças climáticas e integrar as equipes que já trabalham nessa linha a fim de adiantar o processo de obtenção de cultivares para uma pecuária eco-eficiente.

A área total de pastagens do país é de 190 milhões de ha, sendo que desses, 74 milhões são de pastagens nativas, 99 milhões de cultivares de *Brachiaria* spp. e 17 milhões de cultivares de outras espécies (ANUALPEC, 2008). Cultivares de *Brachiaria* spp.

representam grande parte (85%) dos pastos cultivados do país. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, liberada pela Embrapa em 1984, ainda ocupa uma expressiva área (cerca de 50 milhões de ha), sendo considerado o maior monocultivo do mundo em extensão de área. O cenário atual das pastagens cultivadas no Brasil é, portanto marcado pela baixa diversidade das pastagens devido ao uso de um número reduzido de cultivares de poucas gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais, o que gera grande vulnerabilidade nos sistemas de produção animal em pasto frente aos estresses bióticos e abióticos. Esta situação de risco tende a se agravar com as mudanças climáticas globais, que provocarão alterações no regime de chuvas, causando secas em regiões que não tinham este problema e chuvas excessivas em outras regiões, além do aumento na incidência de pragas e doenças e de veranicos (CONRADO et al. 2003).

Uma ação primordial para mantermos a sustentabilidade da pecuária e aumentar os ganhos de produtividade é investir na recuperação e no manejo das pastagens. Este será um grande desafio a partir de agora, uma vez que aproximadamente 70% das pastagens do país apresentam algum grau de degradação já instalado (BIAGI, 2011). Dentre as ações governamentais implementadas para incentivar a recuperação de pastagens degradadas, destaca-se o programa ABC (Programa para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura), cujo objetivo é disponibilizar recursos financeiros aos produtores rurais para a adoção de tecnologias mitigadoras de emissões de gases de efeito estufa. Dentre as metas estipuladas no programa ABC está a recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas e a implantação de 4 milhões de hectares destinados a integração Lavoura-Pecuária-Floresta (CNA, 2012). Já as metas do Programa Mais Carne no Plano Mais Pecuária (BRASIL, 2014) incluem dobrar a capacidade de suporte médio das pastagens, que hoje gira em torno de 1,3 bovinos/hectare. Ao passar para 2,6 bovinos/ha o Brasil poderá produzir 40% mais carne sem a necessidade de expansão da fronteira agrícola além de liberar 46,2 milhões de ha para outras atividades. Trata-se de um grande desafio tanto para a produção de novas cultivares como para o manejo das mesmas nos sistemas de produção.

Segundo alguns levantamentos técnicos, estima-se que o país renova e/ou recupera, a cada ano, cerca de 8 milhões de hectares de pastagens, dos quais 80% destinam-se à implantação de gramíneas

fornageiras do gênero *Brachiaria*. Exclui-se aqui a introdução dessas gramíneas nos sistemas de integração lavoura pecuária e integração lavoura pecuária floresta, os quais, hoje, já participam do mercado com uma área próxima a 4 milhões de hectares (JOSÉ, 2012).

A tendência para as próximas décadas é de crescimento da população mundial. Estima-se que até 2050, o mundo contará com uma população de 9 bilhões de habitantes. Ao analisar este cenário, vislumbra-se a necessidade de um aumento expressivo da produção de proteínas (carne e leite). Daí a importância e oportunidade da proposta do MAPA em capitanear o esforço entre os diversos segmentos envolvidos, visando a aumentar de forma sustentável a produtividade da pecuária de leite e carne, abordando aspectos técnicos e de fomento por meio de projetos e diretrizes no Plano Mais Pecuária (BRASIL, 2014). Segundo as projeções do agronegócio, descritas no Outlook Brasil 2022 (FIESP/ICONE, 2012), as exportações de carne bovina passarão a 23% em 2022, sendo importante indutora do crescimento desse setor. Os ganhos de produtividade e uma maior eficiência produtiva devem fazer com que a produção aumente sem necessitar de um crescimento expressivo do rebanho bovino ou aumento da área de pastagens. Para atender à demanda projetada e seguindo o ritmo de crescimento recente, o rebanho brasileiro deve ser de 227 milhões de cabeças em 2022, significando uma taxa de crescimento de 0,4% ao ano entre 2012 e 2022. Para se ter uma ideia da intensificação da produção pecuária, para um rebanho de 227 milhões de cabeças, utilizando-se a mesma taxa de lotação de 2010, seriam necessários 197,8 milhões de hectares de pastagens. No entanto, a projeção para a área de pasto para 2022 é de 176,3 milhões de hectares, ou seja, será possível produzir mais carne e leite reduzindo 21,4 milhões de hectares, devido à intensificação da produção. Com pastagens mais produtivas e de melhor qualidade como resultado dos programas de melhoramento genético de forrageiras essa redução em área ou a taxa de crescimento poderá ser ainda maior.

O mercado legal de sementes do Brasil movimentou em 2011 R\$ 4,5 bilhões, sendo que o mercado de sementes de forrageiras tropicais contribuiu com aproximadamente R\$ 1,0 bilhão, o equivalente a 20% do mercado nacional e a 2,5% do mercado global de sementes (JOSÉ, 2012). Examinando a produção e o mercado de sementes forrageiras tropicais no Brasil nos últimos três anos,

constata-se um crescimento de 250% no faturamento do setor entre 2010 (R\$ 400 milhões) e 2011 (R\$ 1 bilhão). Este crescimento foi impulsionado principalmente pelo aquecimento do mercado de carnes e por programas de incentivo do governo federal, como por exemplo, o programa ABC. Para o mesmo período, também foi observado um aumento da área de produção de sementes, produtividade, produção e faturamento advindo de exportações. Para 2012, o faturamento estimado do setor foi de aproximadamente R\$ 840 milhões, 16% menor do que o valor realizado em 2011, porém com maior participação das exportações sobre o faturamento total. Esses dados demonstram a importância do mercado de sementes forrageiras tropicais para o país, e isso vem despertando a atenção não somente das empresas nacionais, como também de multinacionais.

A área de pastagens no País chega a 190 milhões de hectares (ha), sendo muito superior a área destinada às lavouras que totalizam 77 milhões de ha (SCHLESINGER, 2010). Como dito acima, 80 a 85% dessas pastagens são cobertas por espécies de *Brachiaria*, principalmente *B. brizantha*, *B. decumbens* e *B. humidicola*, originárias da África (VALLE et al., 2008). Essas são gramíneas de alta produção de matéria seca; adaptam-se a uma grande gama de tipos de solos e seu crescimento é bem distribuído durante a maior parte do ano. O gênero *Panicum* é o segundo mais utilizado, com uma única espécie, *P. maximum* cobrindo cerca de 10% das pastagens. Este possui grande potencial de produção de matéria seca em solos férteis, ampla adaptabilidade aos trópicos, excelente qualidade de forragem e facilidade de estabelecimento (JANK et al., 2008). Ainda entre as espécies de origem africana, merecem destaque o *Andropogon gayanus*, espécie que tolera meses de seca, apresenta excelente adaptação a solos ácidos e de baixa fertilidade natural e apresenta alta resistência às cigarrinhas-das-pastagens. Outro destaque é o capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e seus híbridos com milho, de alta produtividade, valor nutritivo e de cultivo generalizado para produção leiteira em todo Brasil e ainda o gênero *Cynodon*, que possui elevado potencial forrageiro para a produção de leite, mas tem um programa ainda incipiente de melhoramento genético na Embrapa Gado de Leite visando à obtenção de cultivares adaptadas as condições tropicais do nosso país. Entre as gramíneas forrageiras nativas destacam-se as espécies

de *Paspalum*, com potencial de produção de forragem de qualidade, a persistência e a capacidade de produzir sementes viáveis. Entre as leguminosas tropicais nativas, dois gêneros se destacam: *Stylosanthes* e *Arachis* (amendoim forrageiro), pela produção de forragem de alta qualidade, fixação biológica de nitrogênio e habilidade de consórcio com gramíneas, melhorando sensivelmente o desempenho animal e aumentando a sustentabilidade da pastagem pela reciclagem de nutrientes. O *Arachis* é considerado atualmente a leguminosa forrageira com maior número de atributos favoráveis à consorciação e alimentação animal em pasto, principalmente, pela sua alta persistência, mesmo sob pastejo intensivo (ASSIS, 2010).

Todas as cultivares em uso no Brasil apresentam limitações seja por pragas, (*Mahanarva*, percevejo castanho), ou susceptibilidade a um fungo foliar (cv. Tanzânia), ou antracnose (estilosantes), seja por má drenagem dos solos (morte da cv. Marandu), ou por baixo valor nutritivo e lenta formação (*B. humidicola*), ou produção de sementes (capim elefante, *Arachis*). Para tanto, programas de melhoramento visando selecionar genótipos superiores é a melhor alternativa para gerar novas cultivares que contornem essas limitações.

O Brasil é o único país investindo no melhoramento de forrageiras tropicais, com total concentração de programas na Embrapa, uma vez que universidades não têm incluído o tema na grade de cursos e o setor privado de sementes não possui o germoplasma ou know-how para executar esse trabalho.

As principais limitações ao melhoramento de forrageiras tropicais foram enumeradas por diferentes autores (CAMERON, 1983; MILES; VALLE, 1994; MILES, 2001; PEREIRA et al., 2001; MILES et al., 2004; JANK et al., 2005; VALLE et al., 2009, 2013b) e são: a) limitado acesso a coleções de germoplasma representativas da variabilidade natural; b) número elevado de espécies e gêneros candidatos, com pouca ou nenhuma informação sobre sua biologia, variabilidade genética ou agronomia; c) espécies importantes, mas com modo de reprodução complexo (poliploidia, apomixia), não domesticadas (deiscência das sementes, fatores de antiquidade), e utilização de métodos de melhoramento não necessariamente eficientes para o programa em questão; d) critérios de mérito complexos e técnicas de triagem deficientes; e) pouco conhecimento do controle gênico dos caracteres agronômicos a serem melhorados; f) falta nas universidades de cursos específicos de melhoramento de

fornageiras nos trópicos, resultando em pequeno desenvolvimento de experiência acadêmica e poucos gêneros/espécies abordados; e g) restrições orçamentárias e de pessoal fazendo com que os programas em andamento estejam em instituições públicas, com pouca participação do setor privado, que é o usuário direto das cultivares geradas.

O melhoramento genético de forrageiras tropicais é atividade muito recente, quando comparado com o melhoramento das chamadas “grande culturas”, como a soja e milho, por exemplo. Apesar disso, progressos significativos foram obtidos na pesquisa e no desenvolvimento de cultivares (VALLE et al., 2009; EUCLIDES et al., 2010; JANK et al., 2011) com novos candidatos a cultivares em fases finais de avaliação e inúmeros híbridos e populações melhoradas geradas com infinitas possibilidades de atender aos principais problemas do setor (ANDRADE et al., 2013; ALVES et al., 2014, ASSIS et al., 2013a, b; BARRIOS et al., 2013, FIGUEIREDO et al., 2013, MACIEL et al., 2013, MATEUS et al., 2013, MENDONÇA et al., 2013, MONTAGNER et al., 2013, VALLE et al., 2013).

Com relação às principais gramíneas forrageiras (*Brachiaria* spp. e *Panicum maximum*), os esforços do programa de melhoramento da Embrapa resultaram na liberação das cultivares de *Brachiaria* Xaraés (2003), BRS Piatã (2007), BRS Tupi (2012) e BRS Paiaguás (2013) e de *Panicum maximum* Tanzânia (1990), Mombaça (1993) e Massai (2000), com BRS Zuri prevista para 2014. Para os demais gêneros forrageiros, destacam-se a cultivar de amendoim forrageiro *Arachis pintoi* cv. BRS Mandobi (registrada em 2008 e protegida em 2011, porém com sementes ainda não disponíveis no mercado), cultivar de feijão guandu *Cajanus cajan* cv. BRS Mandarin (2009), cultivar de *Paspalum atratum* cv. Pojuca (2000), cultivares de *Pennisetum* spp. para capineira e de propagação vegetativa Pioneiro (1996), BRS Canará (2012) e BRS Kurumi (2012) e a cultivar de Estilosantes Campo Grande (2000) para consórcio com gramíneas. Com estudos realizados desde o início da década de 80, a Embrapa e parceiros reúnem uma base sólida para o desenvolvimento de novas cultivares, o que é fundamental para a obtenção de novos genótipos, visto que todas as cultivares hoje disponíveis apresentam limitações passíveis de aperfeiçoamento via melhoramento genético (MILES, 2007 e VALLE et al. 2009).

O desenvolvimento de cultivares forrageiras tropicais é um processo, em que várias etapas devem ser cumpridas a fim de se chegar a um genótipo superior, candidato a nova cultivar. Para demonstrar esse processo, tomemos como exemplo o desenvolvimento de uma cultivar de gramínea forrageira apomítica e tetraploide (*Brachiaria* e/ou *Panicum*) (Figura 1). A partir de um banco de germoplasma, os acessos são caracterizados quanto ao modo de reprodução, ploidia, diversidade genética, busca de genes, entre outros fatores. Os apomíticos (tetraplóides) seguem para as avaliações em canteiros, enquanto que os sexuais (diplóides) necessitam, primeiramente, passar por uma duplicação cromossômica, para que assim possam ser cruzados com genótipos apomíticos visando à obtenção de híbridos. Plantas sexuais duplicadas (tetraplóides) são utilizadas como genitor feminino nos cruzamentos com apomíticos (Seleção Recorrente Recíproca - SRR e cruzamentos direcionados entre sexuais superiores com apomíticos elite) ou intercruzadas entre si para o melhoramento da população sexual (Seleção Recorrente Intrapopulacional – SRI). No caso do melhoramento do híbrido (SRR), da população sexual (SRI) e dos cruzamentos direcionados são obtidas populações (≈ 2.000 híbridos), nos quais os híbridos apomíticos de melhor desempenho, passam para a etapa seguinte. Na fase I, os acessos da coleção de germoplasma ou híbridos apomíticos superiores (100 – 200 genótipos) são avaliados mais detalhadamente, considerando-se agora um conjunto maior de caracteres (estresses bióticos e abióticos, produção de sementes, resposta a nutrientes, etc...), não avaliados na etapa anterior. Os genótipos selecionados seguem para a etapa de ensaios regionais - Fase II - (20 – 25 genótipos), em que se avalia o desempenho dos materiais (sob cortes) em diferentes locais, a fim de se determinar o desempenho dos mesmos em diferentes condições edafoclimáticas (identificar genótipos de adaptação ampla e/ou específica para determinadas condições). Os selecionados desta fase, isto é, um número reduzido de genótipos (de 1 a 3), é avaliado em ensaios sob pastejo (Fase III) em que se determina o desempenho animal (ganho de peso individual e por área ou produtividade de leite). Identificado o(s) genótipo(s) superior(es), faz-se então o registro e proteção dos novos materiais, acompanhado de um plano de marketing e posterior lançamento como cultivar (Figura 1).

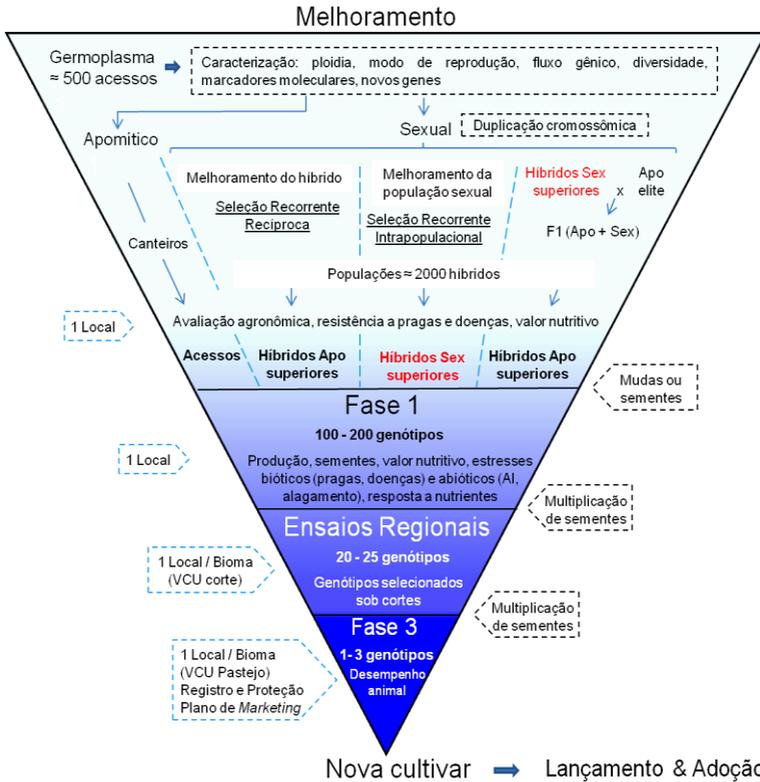


Figura 1: Esquema geral das etapas envolvidas e número de genótipos envolvidos no desenvolvimento de uma cultivar de gramínea tropical (apomítica e tetraplóide).

As Fases da Figura 1 não levam menos que dois anos cada uma, assim contando-se um ano para multiplicar sementes entre as etapas, essas avaliações levam de oito a dez anos. Uma vez iniciado o processo, existem sempre genótipos em várias fases de avaliação e, por isso, torna-se uma linha de produção, com liberações em curto, médio e longo prazos, cada vez que uma nova limitação às cultivares lançadas é identificada (VALLE et al. 2009). Considerando-se todo o processo, verifica-se que o foco do programa de melhoramento na etapa inicial é a obtenção de novos genótipos, nas etapas intermediárias é a seleção e na etapa final, a recomendação dos genótipos superiores previamente selecionados. O número de genótipos em avaliação reduz com o decorrer das etapas, passando

de um número grande de genótipos com desempenho bastante variável, para um número reduzido de genótipos com desempenho superior (elite) para os caracteres avaliados. À medida que as etapas avançam, observa-se também um aumento da interdisciplinidade, em que vários profissionais (entomologistas, fitopatologistas, tecnologia de sementes, fertilidade, valor nutritivo, manejo de pastagens, transferência de tecnologia) estão inseridos para que se alcance o objetivo comum que é o lançamento de uma nova cultivar (Figura 2).

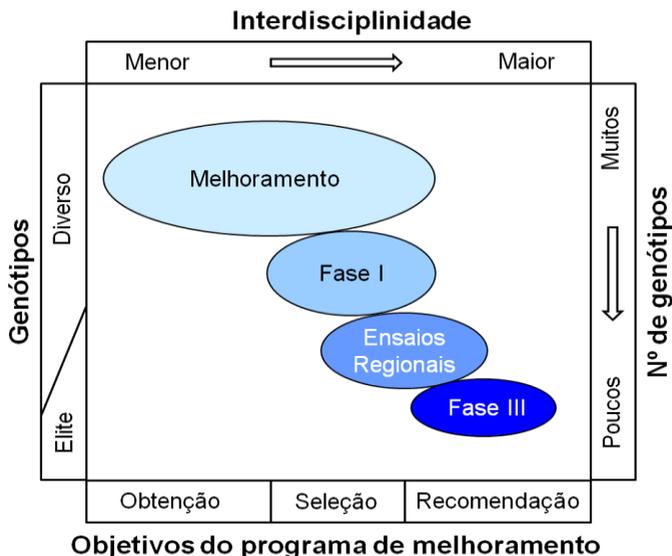


Figura 2. Gráfico integrado dos elementos (componentes) envolvidos nas etapas do desenvolvimento de uma cultivar de forrageira tropical.

A partir de meados da década de 1980, e com a coleta de recursos genéticos forrageiros para gêneros e espécies de grande relevância, tanto no Brasil (leguminosas), como na África (gramíneas), estabeleceu-se o conceito de desenvolvimento de cultivares por meio da exploração da variabilidade natural das coleções, bem como se iniciaram os primeiros cruzamentos (SAVIDAN et al., 1985) no Brasil. Durante os 25 anos de estudos em coleções de germoplasma de algumas forrageiras, foram geradas informações básicas e metodologias de trabalho muito importantes e necessárias ao melhoramento por cruzamentos como determinação

da diversidade genética nas coleções, modo de reprodução e citogenética, identificação de resistência a estresses bióticos como pragas e doenças nos acessos de coleções, técnicas de cruzamento etc. (MILES; VALLE, 1996; HACKER; JANK, 1998; JANK et al., 2011, 2013; MILES, 2007; VALLE et al., 2013).

A seleção a partir da variabilidade natural em coleções foi de vital importância como método de desenvolvimento de cultivares para forrageiras tropicais no Brasil e o incremento em produção animal que se obteve, principalmente, nos últimos 20 anos, colocou o Brasil nos patamares de produção e de exportação em que hoje se encontra (VALLE et al., 2009; 2013). Progressos significativos foram obtidos na pesquisa e no desenvolvimento de cultivares de *Andropogon*, *Stylosanthes*, *Brachiaria*, *Panicum*, *Arachis*, *Cajanus*, *Pennisetum*, *Paspalum*, e várias cultivares foram liberadas como já citado acima.

Para muitas espécies nativas e exóticas, a seleção a partir da variabilidade natural continua válida e deverá ser responsável pela obtenção, em curto prazo, de cultivares superiores (HACKER; JANK, 1998; SAVIDAN; VALLE, 1999; VALLE et al., 2009). Apesar de mais simples e rápido, esse método é finito, visto que se baseia apenas na avaliação da capacidade adaptativa de materiais coletados na natureza. Já o melhoramento de forrageiras via recombinação genética torna-se uma opção infinita e dinâmica na geração de novos cultivares a médio e longo prazos, buscando adaptação a diferentes estresses e para diferentes sistemas de produção.

Os programas de melhoramento em andamento como os de *Panicum*, *Brachiaria*, *Pennisetum*, *Cajanus*, *Stylosanthes* e *Arachis*, estão hoje maduros, com novos candidatos a cultivares em fases finais de avaliação e inúmeros híbridos e populações melhoradas geradas com infinitas possibilidades de atender aos principais problemas do setor. No entanto o enfoque buscando genótipos tolerantes, especialmente no que diz respeito a estresses hídricos e edáficos, não foi extensivamente explorado no germoplasma ou nos programas de melhoramento e carece ainda de metodologias de triagem em larga escala para atender os programas.

As pastagens cultivadas no Brasil em geral ocupam solos de baixa fertilidade natural, elevada acidez e com altos níveis de alumínio (Al), que prejudicam o crescimento normal das plantas

(FOY, 1992). A toxidez de Al para as plantas é um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade em solos ácidos ($\text{pH} \leq 5,0$), devido a inibição do crescimento do sistema radicular (RYAN et al., 2001). Os sintomas de toxidez do Al têm sido frequentemente, associados com: deficiência de fósforo, reduzida absorção e translocação de cálcio (Ca) e outros nutrientes como magnésio (Mg) e potássio (K) (FOY, 1992) e estresse hídrico (DEGENHARDT et al., 1998). Altos níveis de Al tóxico na solução do solo reduzem a taxa de crescimento radicular, com redução no número e comprimento das raízes, interferindo na absorção, transporte e uso de nutrientes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{2+} e P) (FOY, 1978, RYAN et al. 1995; RAO et al., 2001). A redução do crescimento da parte aérea ocorre num momento posterior e parece ser uma consequência dos danos que ocorrem na raiz (JONES; KOCHIAN, 1995).

Solos ácidos frequentemente requerem aplicação de calcário e fertilizantes a fim de sobrepor as deficiências de nutrientes e neutralizar os metais tóxicos. No entanto, a aplicação em superfície dificilmente resolve o problema de acidez nas camadas inferiores e aplicação em profundidade é inviável técnica e economicamente (ECHART; CAVALLI-MOLINA, 2001). A busca de cultivares forrageiras tolerantes/resistentes ao Al tóxico e acidez é a forma mais eficiente e econômica de atingir alta produtividade em solos ácidos.

As plantas apresentam diferentes níveis de tolerância ao Al que estão relacionados com duas categorias de mecanismo de tolerância: mecanismos de exclusão e mecanismos de tolerância interna. O primeiro previne que o Al atravesse a membrana plasmática e penetre no simplasto, e também incluem as modificações de pH da rizosfera e a exsudação de agentes quelantes pelas raízes. Já, os mecanismos de tolerância interna imobilizam, compartimentalizam ou detoxificam o Al que penetrou no simplasto (KOCHIAN et al., 2004). Considerando-se que 68% do território brasileiro são constituídos por solos que apresentam tal limitação (COCHRANE, 1982), e desses, 85% ocorrem nos Cerrados (DEMATTE; DEMATTE, 1993) onde está concentrada a produção animal em pastagens, genótipos tolerantes são de importância indiscutível.

Equipes de pesquisa nacionais e internacionais têm gerado resultados importantes no campo da tolerância ao Al. Trabalhos com alfafa exposta a níveis de alumínio visando em condições controladas foram conduzidos por Passos et al., (2012) enquanto Vaz

et al., (2012) aplicaram com sucesso uma metodologia de análise por eletroforese simultânea de níveis de ácido cítrico, málico e aspártico em extrato de folhas e raízes de *Brachiaria brizantha* a fim de determinar a tolerância ao alumínio. A busca de genes de tolerância destacou em gramíneas, o isolamento dos genes Almt1-1 e Almt1-2, que codificam um transportador de malato associado à tolerância ao Al, em trigo (SASAKI et al., 2004) e do gene Os04g0636300 que codifica uma proteína de resistência ao Al, em arroz (OHYANAGI et al., 2006). Mais recentemente, um gene de tolerância a Al foi mapeado no ponto terminal do cromossoma 3 de sorgo e resultados indicam um controle dessa característica por poucos genes (MAGALHÃES et al., 2004; 2007).

Um estudo conduzido no CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) confirmou que gramíneas do gênero *Brachiaria* mostraram diversidade genética para tolerância ao Al e que a *B. decumbens* foi a mais resistente a essa característica (WENZL et al., 2001). Wenzl et al. (2006) desenvolveram um método simples e rápido de avaliar a adaptação edáfica de genótipos de braquiária usando estacas (mudas) cultivadas em solução nutritiva. O procedimento foi projetado para quantificar dois componentes principais: vigor da raiz e resistência ao Al. Este método de triagem simples e confiável foi incorporado ao programa de melhoramento de *Brachiaria* no CIAT que usa seleção recorrente para obter híbridos superiores, com bom desempenho agrônômico, valor nutritivo, resistência a pragas e tolerância de Al. Num dos estudos, foram avaliados 38 híbridos interespecíficos (*B. ruziziensis* x *B. decumbens*) e resultou que a resistência a Al entre os híbridos mostrou-se quantitativa, i. e, associada a vários genes, uma vez que a maioria dos híbridos ficou colocada em torno do valor médio de resistência Al e um menor número com desempenho superior ou inferior. Pesquisadores do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) vêm concentrando esforços na busca de genes para tolerância ao Al em braquiária, mas nenhum gene foi ainda descrito (ARANGO et al., 2003).

Na Embrapa Gado de Corte, um teste de resistência ao Al de genótipos de *B. ruziziensis* e *B. decumbens* também confirmou que há variabilidade genética dentro e entre espécies para essa característica (BITENCOURT et al., 2011). Estes autores avaliaram plantas de *B. decumbens* tetraploidizadas artificialmente juntamente

com *B. decumbens* cv Basilisk para tolerância a Al e detectaram variabilidade genética para essa característica: os tetraploides sexuais eram apenas medianamente tolerantes ao Al, apresentando resultados semelhantes a *B. ruziziensis*, conhecida por ser sensível ao Al (WENZL et al. (2006). Os resultados revelaram ainda que o comprimento da raiz principal foi a característica mais afetada pelo Al e pode ser usado na seleção de genótipos para tolerância a esse importante fator de estresse abiótico. Em outro teste em casa de vegetação usando solução nutritiva (dados ainda não publicados), 100 híbridos de *B. decumbens* e seus genitores, foram avaliados quanto ao vigor da raiz e resistência ao Al como componentes de adaptação edáfica). Diferenças significativas foram obtidas para os dois parâmetros, indicando que há variabilidade genética entre híbridos. Os pais tinham um desempenho semelhante para o crescimento da raiz, mas diferiram significativamente para a resistência ao alumínio. Resistência ao alumínio variou quantitativamente, uma vez que a maioria dos híbridos apresentou valores ao redor da média e menos híbridos nos dois extremos. Foram encontrados híbridos melhores que a cv. Basilisk tanto para resistência ao alumínio como para vigor de raiz, mas infelizmente, a maioria deles não foi coincidente para os dois parâmetros.

Já para os estresses bióticos (pragas e doenças), os programas já incorporam essas prioridades por serem imprescindíveis e fazerem parte dos objetivos de cultivares para diversificação, intensificação e sustentabilidade dos sistemas de produção.

Estima-se que os prejuízos causados pelas cigarrinhas-das-pastagens variam de dezenas a centenas de milhões de dólares anualmente (HOLMANN; PECK, 2002). Estas são capazes de reduzir drasticamente o crescimento, a produção e qualidade de pastagens estabelecidas com gramíneas susceptíveis, com a conseqüente redução na capacidade de suporte das mesmas (VALÉRIO; NAKANO, 1987, 1988, 1989; VALÉRIO, 2013). O controle de insetos através de inseticidas químicos é inviável no caso das pastagens, consideradas culturas de baixo valor por unidade de área, por limitações de ordem econômica e ambiental. Neste caso a utilização de plantas resistentes é a opção por se adequarem a sistemas extensivos de exploração predominantes, e por serem de baixo custo e de fácil adoção. Assim, a avaliação de genótipos quanto à resistência não apenas às cigarrinhas típicas de pastagens

(*Notozulia*, *Deois*), mas, também, a algumas espécies de *Mahanarva* tem sido um dos principais focos dos programas de melhoramento de várias gramíneas como *Brachiaria*, *Panicum* e *Pennisetum*.

Além das cigarrinhas, merece destaque outra importante praga que ataca pastagens, o percevejo castanho. Trata-se de um inseto polífago, ou seja, sem especificidade de hospedeiros (BECKER, 1996), sendo que em pastagens as espécies de maior ocorrência são *Scaptocoris castanea*, *Scaptocoris carvalhoi* Becker, 1967 (sinônimo sênior de *Atarsocoris brachiariae* Becker, 1996) e *Scaptocoris buckupi* Becker, 1967 (Hemiptera: Cydnidae) (BECKER, 1996; PICANÇO et al., 1999; FERNANDES et al., 2004; GRAZIA et al., 2004; VALÉRIO, 2006).

Os percevejos castanhos são insetos subterrâneos e tanto as ninfas como os adultos sugam a seiva das raízes e exalam um forte odor característico (“maria-fedida”) quando o solo é escavado, ou plantas são arrancadas, em áreas infestadas. Os danos são decorrentes da sucção de seiva e injeção de saliva tóxica, que enfraquecem e causam a morte da planta (FERNANDES et al., 2004). Em pastagens, não há informação sobre nível de dano, porém, de acordo com Valério (2006), quando constatada a infestação, danos significativos já ocorreram. O controle de percevejos castanhos é bastante difícil. Por se tratar de uma praga polífaga, subterrânea, e que se aprofunda muito no solo, medidas como rotação de culturas e preparo do solo são pouco eficientes. O controle químico é pouco viável também, em razão de seus hábitos. Inseticidas sistêmicos são normalmente utilizados via tratamento de sementes ou pulverizados, mas são absorvidos e translocados para a parte aérea, deixando as raízes, onde os percevejos sugam, sem proteção (FERNANDES et al., 2004). O controle biológico com fungos, principalmente dos gêneros *Metharizium*, *Beauveria* e *Paecilomyces*, tem mostrado baixa eficiência, principalmente no campo (MALAGUIDO et al., 2000). Existe relato do controle de percevejos castanhos com nematóides entomopatogênicos, porém não há informações sobre sua eficiência no campo (FUNDAÇÃO MT, 2005; MIRANDA, 2010). O uso de forrageiras resistentes é, portanto a forma mais acertada de manejo desta praga.

Entre as doenças que podem incidir em cultivares de *P. maximum*, além do carvão (*Tilletia ayersii* Berkeley.) e ferrugem (*Uromyces setariae-italicae* Yoshino), merecem destaque o

fitonematoide *Pratylenchus brachyurus*, bem como, as manchas foliares causadas pelos fungos *Cercospora spp.*, *Phoma spp.* e, principalmente, por *Bipolaris maydis* (Nisik e Miyake) Shoemaker (VERZIGNASSI; FERNANDES, 2001). A mancha foliar causada por *B. maydis*, é a principal doença desta forrageira, sendo a cultivar Tanzânia considerada a mais suscetível. Este patógeno é também relatado para diversas outras espécies vegetais, tais como: milho, milheto, capim-elefante, podendo incidir também sobre genótipos de *Brachiaria spp.*, *Paspalum spp.* e *Penisetum spp.* (ANJOS et al., 2004, PEREIRA et al., 2005, CHARCHAR et al., 2008).

Além dos patógenos fúngicos, o fitonematoide *Pratylenchus spp.* também está amplamente disseminado e associado a perdas econômicas mundiais. Em condições de campo, Carvalho et al. (2013) avaliaram a densidade populacional de *Pratylenchus spp.* em pastagens de *Brachiaria spp.*, observando populações expressivas nas cultivares Marandu, Decumbens e Humidicola Comum. Já Queiroz et al. (2012), ao avaliarem a reação de acessos/cultivares de *Brachiaria spp.* e *Panicum maximum* à *P. brachyurus*, em condições de casa de vegetação, verificaram após 90 dias da inoculação que, com exceção de *B. humidicola* cv. BRS-Tupi, com fator de reprodução (FR) de 0,98, todos os materiais avaliados permitiram a multiplicação do nematoide. É, portanto crucial submeter genótipos candidatos a cultivar a avaliações com nematoides, especialmente se pastagens forem usadas em integração com lavouras naturalmente mais suscetíveis.

A obtenção de genótipos geneticamente resistentes à mancha foliar e ao fitonematoide *Pratylenchus brachyurus* é a melhor estratégia para o controle destas doenças. Além de ser uma estratégia eficiente e de fácil utilização, uma vez que também oferece vantagens ambientais no controle de patógenos, pois minimiza o uso de fungicidas, evitando agressões ao meio ambiente e possibilita redução de custos para o produtor.

Apesar da maioria das cultivares serem produtivas, elas apresentam estacionalidade de produção em razão de fatores climáticos adversos, como seca e alagamento. O caso mais típico é a redução do crescimento do pasto na estação seca do ano, ou veranicos. A produção de forragem na seca representa, geralmente, de 10% a 25% da produção total anual. Dessa forma, na exploração da pastagem, seja extensiva ou intensiva, ocorre sempre um período

de escassez de produção de forragem no período de menor precipitação (CORRÊA; SANTOS, 2003).

O déficit hídrico provocado pela seca estacional também influencia a relação entre a água e as trocas gasosas nas plantas. Segundo Kaiser (1987), a deficiência de água pode causar severa inibição da fotossíntese, mesmo em plantas C₄, como as gramíneas forrageiras tropicais, sobretudo em razão da maior resistência difusiva à entrada do CO₂. Esses eventos são oriundos da redução da turgescência das células-guarda do estômato seguida pelo fechamento do poro estomático (BARUCH, 1994).

Vários programas de melhoramento de culturas como o arroz, o milho, a soja, a cana-de-açúcar, iniciaram trabalhos de seleção e identificação de genes para tolerância a estresses abióticos como o alagamento e a seca. O gene DREB (Dehydration Responsive Element Binding Protein ou Proteína de Resposta à Desidratação Celular) com patente do JIRCAS (Japan International Research Center for Agricultural Sciences) está sendo utilizado em pesquisas para aumentar a tolerância à seca de culturas como soja, milho e algodão. Outras possibilidades mais recentes falam do gene de *Arabidopsis*, AREB/ABF. Com temperaturas cada vez mais altas no mundo as plantas que consigam crescer e produzir com maior eficiência no uso da água são essenciais para o futuro da alimentação do mundo. Genes de tolerância a seca também estão sendo testados em cana e por ser uma gramínea poliplóide (com mais de duas cópias de cada cromossomo) como muitas das forrageiras tropicais, as técnicas de genômica, de triagem em casa-de-vegetação e campo podem ser muito úteis aos programas de melhoramento das nossas forrageiras.

O alagamento ou o encharcamento excessivo do solo também se constitui em um fator importante de estresse abiótico para as forrageiras (DIAS-FILHO, 2006). Pode ser causado naturalmente durante períodos chuvosos intensos, ou pela má drenagem natural do solo, ou elevação sazonal do nível de rios e do lençol freático. Mas, também pode ter como causa o pisoteio do gado, o trânsito de máquinas, ou o impacto da chuva no solo descoberto. Assim, mesmo naqueles locais onde o excesso de água no solo não seja naturalmente esperado, é possível que as práticas de manejo vigentes ou passadas contribuam para tornar esse estresse comum na pastagem (DIAS-FILHO; ANDRADE, 2006).

Testes de resistência ao encharcamento com as cultivares de *Brachiaria* em uso demonstraram que entre as *B. brizantha* nenhuma se mostrou adaptada a esse estresse (CAETANO; DIAS-FILHO, 2008) e essa limitação é considerada a principal causa da síndrome da morte da cv. Marandu no norte do Brasil (FRANCO, 2006; BARBOSA, 2006).

O excesso de água no solo causa redução imediata na troca de gases entre as raízes da planta e o ambiente (ARMSTRONG et al. 1994; KOZLOWSKI, 1997; LIAO; LIN, 2001). A anoxia ou a hipoxia sofrida pelo sistema radicular altera o metabolismo celular, provocando queda imediata na respiração das raízes, tanto em plantas tolerantes como nas intolerantes (LIAO; LIN, 2001). A deficiência de oxigênio reduz a produção de ATP, afetando diversos aspectos do metabolismo celular (FUKAO; BAILEY-SERRES, 2004; SOUSA; SODEK, 2002). Essa queda na produção de ATP restringe o suprimento de energia para o crescimento das raízes, reduzindo o desenvolvimento geral da planta. O cultivo de plantas forrageiras tolerantes ao alagamento é a melhor alternativa para regiões sujeitas a inundações periódicas e consideradas pouco produtivas para a pecuária.

Seleção de genótipos de *Brachiaria* para tolerância ao alagamento do solo foram realizadas na Embrapa Amazônia Oriental (DIAS-FILHO, 2002) e de genótipos de *Panicum maximum* foram conduzidos na Embrapa Gado de Corte (GONTIJO et al., 2004; LAURA et al., 2005; SILVA et al., 2006). Estes testes envolveram a avaliação de apenas alguns genótipos e resultou na indicação de genótipos mais tolerantes e também dos mais suscetíveis a essas condições.

No CIAT, em 2010, 492 híbridos de *B. humidicola* e 902 híbridos interespecíficos de *Brachiaria* foram avaliados (CARDOSO et al, 2013). Esta avaliação de “high throughput” em genótipos é feita em vasos com água a 3 cm acima da superfície do solo durante 21 dias, e a seleção de genótipos baseia-se os maiores valores de clorofila foliar (avaliados com um medidor de SPAD) e na proporção de biomassa de folhas verdes em relação à biomassa total (CARDOSO et al., 2013). Os genótipos selecionados têm uma maior produção de biomassa de folha verde, uma maior proporção de biomassa de folhas verdes em relação à biomassa foliar total, maior área foliar verde, teor de clorofila na folha e eficiência fotossintética

e baixa proporção de biomassa de folhas mortas. De acordo com estes autores, as diferenças na tolerância ao alagamento em genótipos de *Brachiaria* é provavelmente uma consequência das diferenças de morfologia e anatomia de raízes, incluindo a formação de aerênquimas, diâmetro de raiz, volume relativo de tecido vascular e formação de raízes laterais, todos trabalhando juntos para melhorar a aeração da raiz e, portanto, sustentar seu alongamento (CARDOSO et al, 2013, 2014). Os autores sugerem a profundidade máxima das raízes como um indicador da eficiência em aeração interna eficiente já que esta é positivamente correlacionada com o desenvolvimento de aerênquimas, o que é difícil de medir. Neste estudo, a proporção total de raízes laterais desenvolvidas a partir do eixo principal da raiz de 12 acessos de *B. humidicola* foi diminuída por 21 dias de alagamento do solo, mas o estresse aumentou a proporção de raízes laterais nos a 10 cm superiores do solo.

Para que o Brasil possa continuar a produzir carne bovina de qualidade de forma sustentável e ainda mantermos a competitividade nos mercados interno e externo é essencial desenvolver cultivares cada vez mais produtivas e adaptadas a estresses bióticos e abióticos, principalmente diante das mudanças climáticas globais previstas. Assim sendo, é muito importante investir em programas de melhoramento focados no impacto das mudanças climáticas e integrar as equipes que já trabalham nessa linha de pesquisa, a fim de adiantar o processo de obtenção de cultivares forrageiras para uma pecuária sustentável.

Muito importante nesses programas têm sido o envolvimento desde 2002, do setor privado por meio da Unipasto – Associação para o Fomento à Pesquisa de Melhoramento de Forrageiras Tropicais. Como multiplicadores exclusivos e responsáveis pela comercialização de sementes, os associados da Unipasto agem como transferidores dessas tecnologias, no Brasil e no exterior, facilitando a dispersão e adoção das cultivares.

Existe, portanto uma clara necessidade de investir no desenvolvimento de cultivares forrageiras adaptadas a mudanças climáticas globais, focando em características de qualidade e altas taxas de degradação no rúmen, mas também é necessário investir no melhor manejo das pastagens, na recuperação de pastagens degradadas e usar os sistemas integrados de lavoura-pecuária-floresta. Programas governamentais como o ABC (Agricultura de

Baixa Emissão de Carbono) ou o Plano Mais Pecuária, associados ao BPA-Bovinos de corte e Leite (Boas Práticas Agropecuárias – 2013), onde aspectos ambientais, sociais e econômicos são devidamente ponderados e adotados, necessitam ser implementados e promovidos para que o Brasil continue a liderar a agricultura tropical com maior sustentabilidade.

O melhoramento genético de forrageiras visando um melhor valor nutritivo, associado ao manejo adequado para acumular forragem tenra e ainda, se utilizadas com animais jovens vão reduzir significativamente a emissão de metano. Assim, quem investe em formação, recuperação e manejo usando cultivares melhoradas vai poder aumentar a capacidade de suporte da pastagem e mais animais por área se traduz em plantas mais jovens, que por sua vez são as de maior qualidade e digestibilidade fazendo com que menos metano seja liberado para atmosfera. A intensificação desse sistema de produção resulta em maior volume de peso vivo por hectare, terminando o gado mais cedo e com menor impacto ambiental. É reunir o útil com o rentável.

Referências bibliográficas

- ALVES, G. F.; FIGUEIREDO, U. J. DE; PANDOLFI FILHO, A. D.; BARRIOS, S. C. L.; VALLE, C. B. DO. Breeding strategies for *Brachiaria* spp. to improve productivity – an ongoing Project. **Tropical Grasslands/Pasturas Tropicales**, v.2, n.1. p.1-3. 2014.
- ANDRADE, C. M. S. DE; FARINATTI, L. H. E.; NASCIMENTO, H. L. B. DO; ABREU, A. DE Q.; JANK, L.; ASSIS, G. M. L. DE. Animal production from new *Panicum maximum* genotypes in the Amazon biome, Brazil. **Tropical Grasslands/Pasturas Tropicales**, v. 1, n. 1. p. 36-38. 2013.
- ANJOS, JOSE R. N.; CHARCHAR, M. J. A.; TEIXEIRA, R. N.; ANJOS, S. S. N. Ocorrência de *Bipolaris maydis* causando mancha foliar em *Paspalum atratum* cv. Pojuca no Brasil. **Fitopatol. bras.**, vol.29, no.6, p.656-658. 2004.
- ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo: IFNP, 380 p., 2008.
- ARANGO, A.; CORTES, D. F.; GALLEGU, G.; WENZL, P.; RAO, I. M. ISHITANI, M.; TOHME, J. Identifying candidate genes whose expression is associated with aluminum resistance in *Brachiaria*. **Annual Report of Biotechnology Research Project**. CIAT, Cali, Colombia, p. 255-258, 2003.
- ARMSTRONG, W.; BRÄNDLE, R.; JACKSON, M. B. Mechanisms of flood tolerance in plants. **Acta Botanica Neerlandica**, v. 43, p. 307-358, 1994.
- ASSIS, G. M. L. de Melhoria de leguminosas forrageiras tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 5.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 3., 2010, Viçosa. Anais... Viçosa, MG: UFV, 2010. p. 213-249.
- ASSIS, G. M. L. DE; VALENTIM, J. F.; ANDRADE, C. M. S. DE. BRS Mandobi: a new forage peanut cultivar propagated by seeds for the tropics. **Tropical Grasslands/Pasturas Tropicales**, v. 1, n. 1. p. 39-41. 2013a.
- ASSIS, G. M. L. DE; VALLE, C. B. DO; ANDRADE, C. M. S. DE; VALENTIM, J. F.; Selecting new *Brachiaria humidicola* hybrids for western Brazilian Amazon. **Tropical Grasslands/Pasturas Tropicales**, v. 1, n. 1. p. 42-44. 2013b.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES (ABIEC). Brazilian Beef Perfil 2013. <http://www.abiec.com.br/img/Upl/perfil-290114-800.jpg>. 2013. Acesso em 15 de agosto de 2014.
- BARBOSA, R. A. Morte de pastos de braquiárias (Ed.). Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2006. 206 p.
- BARRIOS, S. C. L.; VALLE, C. B. DO; ALVES, G. F.; SIMEÃO, R. M.; JANK, L. Reciprocal recurrent selection in the breeding of *Brachiaria decumbens*. **Tropical Grasslands/Pasturas Tropicales**, v. 1, n. 1. p.52-54. 2013.
- BARUCH, Z. Responses to drought and flooding in tropical forages grasses. I. Biomass allocation, leaf growth and mineral nutrients. **Plant and Soil**, v. 164, p. 87-96, 1994.
- BECKER, M. Uma nova espécie de percevejo-castanho (Heteroptera: Cydnidae: Scaptocorinae) praga de pastagens do centro-oeste do Brasil. **Anais...** v. 25, p. 95-102, 1996.
- BIAGI, E. 2012: o ano do marketing da carne no mercado interno. **Revista Pecuária Corte**. Campinas, SP, n. 3, ano 01, p. 79, 2011.
- BITENCOURT, G. A.; CHIARI, L.; LAURA, V. A.; VALLE, C. B. DO; JANK, L.; MORO, J. R. Aluminum tolerance on genotypes of signal grass. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 245-250, 2011.
- BOAS PRÁTICAS AGROPECUÁRIAS – BPA, Bovinos de Corte. 2013. In: [http://cloud.cnpqg.embrapa.br/bpa/files/2013/02/MANUAL de-BPA_NACIONAL.pdf](http://cloud.cnpqg.embrapa.br/bpa/files/2013/02/MANUAL_de_BPA_NACIONAL.pdf). Accessed in 23 June, 2014.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Plano Mais Pecuária, MAPA. Assessoria de Ação Estratégica – Brasília: MAPA/ACS. 32p. 2014.
- CAETANO, L. P. S.; DIAS-FILHO, M. B. Responses of six *Brachiaria* spp. accessions to root zone flooding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 5, p. 795-801, 2008.
- CAMERON, D.F. To breed or not to breed. In: McIvor JG & Bray RA (Eds) Genetic resources of forage plants. Melbourne, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization-CSIRO, 1983. p. 237-250.
- CARDOSO, J.A.; JIMENEZ, J.; RAO, I. M. Waterlogging-induced changes in root architecture of germplasm accessions of the

- tropical forage grass *Brachiaria humidicola*. AoB PLANTS 6: plu017; doi:10.1093/aobpla/plu017. 2014.
- CARDOSO, J.A.; JIMENEZ, J.; RINCÓN, J. et. al. Advances in improving tolerance to waterlogging in *Brachiaria* grasses. **Tropical grasslands – Forrajes Tropicales**, V.1. p.197-201. 2013.
- CARVALHO, J. R. P. DE; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, S. R. M.; PINTO, H. da S. Estimation of dry spells in three Brazilian regions — Analysis of extremes. **Atmospheric Research** v. 132-133, p. 12–21, 2013.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - ESALQ/USP (CEPEA). PIB do Agronegócio Brasileiro – Dados de 1994 a 2013. 2014. Disponível em <http://cepea.esalq.usp.br/pib/>. Acesso em: 15 agosto 2014.
- CHARCHAR, M. J. D.; ANJOS, J. R. N. DOS; SILVA, M. S.; SILVA, W. A. DE M. Mancha foliar em capim-elefante no Cerrado do Brasil Central causada por *Bipolaris maydi*. **Pesq. agropec. bras.**, v.43, n.11, p.1637-1639. 2008.
- CNA - CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. Guia de financiamento para agricultura de baixo carbono. Brasília, DF, CNA, 44 p. 2012.
- COCHRANE, T. T. Avaliação dos ecossistemas de savana utilizados na América Tropical para produção de gado de corte. In: TERGAS, L. E.; SANCHEZ, P. A.; SERRÃO, E. A. S. (Ed.). **Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos**. Brasília: CIAT/EMBRAPA, p. 17-28. 1982.
- CONRADO, D., et al. Vulnerabilidades às mudanças climáticas. [S.l.]: [s.n.], [ca. 2003]. 10 p. Disponível em: <<http://www.iieb.org.br/index.php/publicacoes/publicacoes-21/>> Acesso em: 27 set, 2013.
- CORRÊA, L. A.; SANTOS, P. M. **Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros *Panicum*, *Brachiaria* e *Cynodon***. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2003. 36 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos 34).
- DEMATTE, J. L. I.; DEMATTE, J. A. M. Comparisons of chemical properties of forest (Amazon region) and savanna soils (central region) of Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 50, n. 2, p.272-286, 1993.

- DIAS-FILHO, M. B. Respostas morfofisiológicas de *Brachiaria* spp. ao alagamento do solo e síndrome da morte do capim-marandu. Belém: Embrapa-Amazônia Oriental. Documentos, 242. 2006.
- DIAS-FILHO, M. B.; ANDRADE, C. M. S. Pastagens no trópico úmido. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 30p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 241).
- DIAS-FILHO, M.B. Tolerance to flooding in five *Brachiaria brizantha* accessions. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, n.4, p.439-447, 2002.
- ECHART, C. L.; CAVALLI-MOLINA, S. Fitotoxicidade do alumínio: efeitos, mecanismos de tolerância e seu controle genético. **Ciência Rural**, v. 31: 531-541, 2001.
- EUCLIDES, V. P. B.; VALLE, C. B. DO; MACEDO, M. C. M.; ALMEIDA, R. G. DE; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A. Brazilian scientific progress in pasture research during the first decade of XXI century. **R. Bras. Zootec.**, v.39, p.151-168, 2010 (supl. especial).
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO / INSTITUTO DE ESTUDOS DO COMÉRCIO E NEGOCIAÇÕES INTERNACIONAIS (FIESP/ICONE). Outlook Brasil 2022. Projeções para o agronegócio, São Paulo, 132 p, 2012.
- FERNANDES, C. D.; JERBA, V. F., de; VERZIGNASSI, J. R. Doenças das plantas forrageiras tropicais. In: SÍMPOSIUM BRASILEIRO DE PATOLOGIA DE SEMENTES, 8., 2004, João Pessoa: Tropical Hotel Tambaú, 2004. p. 51-54.
- FIGUEIREDO, U. J. DE; NUNES, J. A. R.; VALLE, C. B. DO; BARRIOS, S. C. L.; ALVES, G. F. Effects of season and year of evaluation in the selection of *Brachiaria humidicola* hybrids. **Tropical Grasslands/Pasturas Tropicales**, v. 1, n. 1.76-77. 2013.
- FOY, C. D.; CHANEL, R. L.; WRITE, M. C. The physiology of metal toxicity in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 29, p. 511-566, 1978.
- FOY, C.D. Soil chemical factors limiting plant root growth. In: HATFIELD, J.L.; STEWART, B.A. Limitations to plant root growth. New York: Springer-Verlag, 1992. p.97-149.
- FRANCO, M. “Aids” do Marandu tem raízes na umidade do solo. DBO Rural, setembro 2006. p.42-44.

- FUKAO, T.; BAILEY-SERRES, J. Plant responses to hypoxia – is survival a balancing act? **Trends in Plant Science**, v. 9, p. 449-456, 2004.
- FUNDAÇÃO MT. **Estratégias de manejo e controle do percevejo castanho da raiz *Scaptocoris castanea* Perty (Hemiptera: Cydnidae) em áreas de algodão do estado de Mato Grosso**. Rondonópolis: Fundação MT, 2005. 57 p. (Fundação MT, Relatório Final apresentado ao Fundo de Apoio a Cultura do Algodão – FACUAL).
- GONTIJO NETO, M. M.; JANK, L.; LAURA, V. A.; RESENDE, R. M. S.; CALIXTO, S.; JOBA. I. Seleção de genótipos de *Panicum maximum* para áreas sujeitas a alagamentos temporários. In: GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY, 2., 2004, Curitiba: **Resumos...** Curitiba: UFPR: UFRGS: IAPAR: EMBRAPA: ESALQ, 2004. CD-ROM.
- GRAZIA, J.; SCHWERTNER; SILVA, E.J.E. Arranjos taxonômicos e nomenclaturais em *Scaptocorini* (Hemiptera: Cydnidae, Cephaloeteinae). **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 4, p. 511-512, 2004.
- HACKER, J. B.; JANK, L. Breeding tropical and subtropical forage plants. In: Cherney, J.H. & D.J.R. Cherney (Eds.) **Grass for dairy cattle**. Oxfordshire, CABI Wallingford. p. 49-71. 1998
- HOLMANN, F.; PECK, D.C. Economic damage cause by spittlebug (Homoptera: Cercopidae) in Colombia: A first approximation of impact on animal production in *Brachiaria decumbens* pastures. **Neotrop. Entomol.** 31: 275-284. 2002.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Pecuária Municipal (1974 – 2010). 2010. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&o=24&i=P&c=73>. Acesso em: 15 agosto 2014.
- JANK, L.; BRAZ, T.G.dos S.; MARTUSCELLO, J. A. Gramíneas de clima tropical. In: Ricardo Andrade Reis, Thiago Fernandes Bernardes, Gustavo Rezende Siqueira. (Org.). **Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros**. 1ªed. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2013. p. 109-123.

- JANK, L.; RESENDE, R. M. S.; VALLE, C. B.; RESENDE, M. D. V.; CHIARI, L.; CANÇADO, L. J.; SIMIONI, C. Melhoria genética de *Panicum maximum*. In: RESENDE, R. M. S.; VALLE, C. B. do; JANK, L. (Ed.) Melhoria de forrageiras tropicais. 1.ed. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2008. p. 55-87.
- JANK, L.; VALLE, C. B. DO; RESENDE, R. M. S. Breeding tropical forages. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, p. 27-34, 2011.
- JANK, L.; VALLE, C.B.; RESENDE, R.M.S. Grass and forage plant improvement in the tropics and sub-tropics. In: MCGILLOWAY, D.A. (Ed) Grassland: a global resource. Wageningen, Wageningen Academic Publishers, 2005. p. 69-81.
- JONES, D. L., KOCHIAN, L. V. Aluminum inhibition of the 1,4,5-triphosphate signal transduction pathway in wheat roots: a role in aluminum toxicity? **Plant Cell**, Baltimore, v. 7, n. 2, p.1913-1922, 1995.
- JOSÉ, M. R. Forrageiras: uma grande parceira para o agronegócio. **Associação Brasileira de Sementes e Mudanças**. Pelotas, RS, Anuário 2012, p. 22, jun. 2012.
- KAISER, W. M. Effect of water deficit on photosynthetic capacity. **Physiologia Plantarum**, v. 71, n. 1, p. 142-49, 1987.
- KOCHIAN, L. V.; HOEKENGA, O.A.; PIÑEROS, M.A. How do crop plants tolerate acid soils? Mechanisms of aluminum tolerance and phosphorous efficiency. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, p. 459-493, 2004.
- KOZLOWSKI, T. T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph**, v. 1, 1997. 29 p.
- LAURA, V. A.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S.; GONTIJO NETO, M. M.; KOBAYASHI, A. B.; FARIA, R. R.; HARADA, T. N. Avaliação e seleção de genótipos de *Panicum maximum* sob alagamento temporário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 10.; CONGRESSO LATINO AMERICANO DE FISILOGIA VEGETAL, 12., 2005, Recife. **Anais...** Recife: SBFV, 2005. CD-ROM.
- LIAO, C. T.; LIN, C.-H. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. **Proceedings of the National Science Council**, Roc (B), v. 25, p. 148-157, 2001.

- MACIEL, G. A.; BRAGA, G. J.; GUIMARÃES JR, R.; ARAÚJO, H. A. DE; RAMOS, A. K. B.; CARVALHO, M. A.; VILELA, L.; JANK L. Performance of Nelore cattle on *Panicum maximum* pastures in the Brazilian Cerrado. **Tropical Grasslands/Pasturas Tropicales**, v. 1, n. 1. p. 95-96. 2013.
- MAGALHÃES, J.V.; GARVIN, D.F.; WANG, Y., SORRELLS, M.E., KLEIN, P.E., SCHAFFERT, R.E., LI, L., KOCHIAN, L.V. Comparative mapping of a major aluminum tolerance gene in sorghum and other species in the *Poaceae*. **Genetics**, v.167, n.4, p.1905-1914, 2004.
- MAGALHÃES, J.V.; LIU, J.; GUIMARÃES, C.T.; LANA, U.G.P.; ALVES, V.M.C.; WANG, Y.; SCHAFFERT, R.E.; HOEKENGA, O.A.; PINEROS, M.A.; SHAFF, J.E.; KLEIN, P.E.; CARNEIRO, N.P.; COELHO, C.M.; TRICK, H.N.; KOCHIAN, L.V. A gene in the multidrug and toxic compound extrusion (MATE) family confers aluminum tolerance in sorghum. **Nature Genetics**, v.39, n.9, p.1156-1161, 2007.
- MALAGUIDO, A. B.; OLIVEIRA, L. J.; SOSA-GOMEZ, D. R. Efeito de fungos entomopatogênicos sobre o percevejo-castanho-da-raiz. In: OLIVEIRA, L.J. (Org.). **Efeito de inseticidas químicos e de fungos entomopatogênicos sobre o percevejo-castanho-da-raiz: resultados da safra 1999/2000**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 36 p. (Embrapa Soja, Documentos, 150).
- MATEUS, R. G.; BARRIOS, S. C. L.; FIGUEIREDO, U. J. DE; VALLE, C. B. DO; Agronomic evaluation of 324 intraspecific hybrids of *Brachiaria decumbens* in Brazil. **Tropical Grasslands/Pasturas Tropicales**, v. 1, n. 1. p.99-100. 2013.
- MENDONÇA, S. A.; BARRIOS, S. C. L.; FIGUEIREDO, U. J. DE; ALVES, G. F.; VALLE, C. B. DO; Agronomic and nutritional evaluation of intraspecific crosses in *Brachiaria decumbens*. **Tropical Grasslands/Pasturas Tropicales**, v. 1, n. 1. p.103-105. 2013.
- MILES, J. W. Apomixis for cultivar development in tropical forage grasses. **Crop Science**, Madison, v. 47, n. S3, p. S238-S249, 2007.
- MILES, J. W.; VALLE, C. B. DO. Manipulation of apomixis in *Brachiaria* breeding In: Miles JW, Maass BL & Valle CB do (Eds.) **Brachiaria: biology, agronomy, and improvement**.

- CIAT/Brasília:EMBRAPA-CNPQC, p. 164-177. (CIAT Publication, n. 259). 1996
- MILES, J.W. Achievements and perspectives in the breeding of tropical grasses and legumes. In: 19º International Grassland Congress, São Pedro. **Proceedings**. FEALQ - Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2001. p. 509-515.
- MILES, J.W.; VALLE, C.B. do Germoplasma y mejoramiento genético de plantas forrajeras tropicales. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE FORRAGICULTURA, Maringá. **Anais...** EDUEM - Editora da Universidade Estadual de Maringá, 1994. p. 119-139.
- MILES, J.W.; VALLE, C.B.; RAO, I.M.; EUCLIDES, V.P.B. *Brachiariagrasses*. In: SOLLENBERGER, L.E.; MOSER, L.; BURSON, B. (Eds.). Warm-season (C4) grasses. Madison, ASA: CSSA: SSSA (American Society of Agronomy - Crop Science Society of America- Soil Science Society of America), 2004. p 745-783.
- MIRANDA, J. E. **Manejo integrado de pragas do algodoeiro no cerrado brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. 37 p. (Embrapa Algodão, Circular Técnica, 131).
- MONTAGNER, D. B.; EUCLIDES, V.P.B.; GENRO, T.C.; NANTES, N.N. Dry matter intake by beef steers on Piatã palisadegrass (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) pasture. **Tropical Grasslands/Pasturas Tropicales**, v. 1, n. 1. p.106-108
- OHYANAGI, H.; TANAKA, T.; SAKAI, H.; SHIGEMOTO, Y.; YAMAGUCHI, K.; HABARA, T.; FUJII, Y.; ANTONIO, B. A.; NAGAMURA, Y.; IMANISHI, T.; IKEO, K.; ITOH, T.; GOJOBORI, T.; SASAKI, T. The Rice Annotation Project Database (RAP-DB): hub for *Oryza sativa* ssp. *japonica* genome information. **Nucleic Acids Research**, v. 34, Database Issue, p. D741-D744, 2006.
- PASSOS, L.P., KÖPP, M.M., LÉDO, F.J.S. Performance of tetraploid alfalfa genotypes as exposed to aluminum toxicity. **Agricultural Sciences** 3:230-240, 2012.
- PEREIRA, A.V.; VALLE, C.B. do; FERREIRA, R.P.; MILES, J.W. **Melhoramento de forrageiras tropicais**. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARES-INGLIS, M.C.

- (Eds.) Recursos genéticos & melhoramento – plantas. Rondonópolis, Fundação MT, 2001. p. 549-602.
- PEREIRA, J. M.; REZENDE, C. P.; RUIZ, M. A. M. Pastagens no ecossistema mata atlântica: atualidades e perspectivas. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS, 2., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. p.36-55.
- PICANÇO, M.; LEITE, G. L. D.; MENDES, M. C.; BORGES, V. E. Ataque de *Atarsocoris Brachiariae* Becker, uma nova praga das pastagens em Mato Grosso, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 5, p. 885-890, 1999.
- QUEIROZ, C. A.; FERNANDES, C. D.; VALLE, C. B. DO; JANK, L.; SANTOS, J. M.; VERZIGNASSI, J. R.; MALLMANN, G.; BATISTA, M. V. Reação de acessos e cultivares de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* à *Pratylenchus brachyurus*. In: 49º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2012, Brasília. 49º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais**. Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2012.
- RAO, I. M. Adapting tropical forages to low-fertility soils. In: International Grassland Congress, 2001. São Pedro, Brazil. <http://www.internationalgrasslands.org/files/igc/publications/2001/tema6-2.pdf>
- RYAN, P. R.; SHAFF, J. E.; KOCHIAN, L. V. Aluminum toxicity in roots: correlation among ionic currents, ion fluxes, and root elongation in aluminum-sensitive and aluminum-tolerant wheat cultivars. **Plant Physiology**, v. 99, p. 1193-1200, 1995.
- SASAKI, T.; YAMAMOTO, Y.; EZAKI, B.; KATSUHARA, M.; AHN, S. J.; RYAN, P. R.; DELHAIZE, E.; MATSUMOTO, H. A wheat gene encoding an aluminum-activated malate transporter. **The Plant Journal**, v. 37, n. 5, p.645-653, 2004.
- SAVIDAN, Y. H.; JANK, L.; PENTEADO, M. I. DE O. Introdução, avaliação e melhoramento de plantas forrageiras tropicais no Brasil: Novas propostas de *Modus Operandi*. Embrapa-CNPGC, Documentos, 24, 36p. 1985.
- SAVIDAN, Y. H.; VALLE, C. B. DO. Amélioration génétique des graminées fourragère tropicales. In: Roberge G & Toutain B (Eds.). **Cultures fourragères tropicales**. Montpellier, La

- Librairie du CIRAD - Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement. p. 53-68. 1999.
- SCHLESINGER, S. Onde Pastar? O Gado Bovino no Brasil. FASE, Cascavel, p.1-112, 2010.
- SILVA, A. S.; LAURA, V. A.; JANK, L.; GONTIJO NETO, M. M.; FERNANDES, V. Biomassa seca de raiz e da parte aérea de genótipos de *Panicum maximum* alagados e não alagados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. CD-ROM.
- SOUSA, C. A. F. de; SODEK, L. Respostas metabólicas de plantas à deficiência de oxigênio. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 14, p. 83-94, 2002.
- VALÉRIO, J. R. **Considerações sobre a morte de pastagens de *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu em alguns Estados do Centro e Norte do Brasil – Enfoque entomológico.** Cap. 8, p. 135-150. In: BARBOSA, R.A. Morte de pastos de braquiárias. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006. 206p.
- VALÉRIO, J. R. Manejos de insetos-praga. In: Ricardo Andrade Reis, Thiago Fernandes Bernardes, Gustavo Rezende Siqueira. (Org.). **Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros.** 1ªed. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2013. p. 317-331.
- VALÉRIO, J. R.; NAKANO, O. Dano causado por adultos da cigarrinha *Zulia entreriana* (Berg, 1879) (Homoptera: Cercopidae) na produção de raízes de *Brachiaria decumbens*. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil.** v. 16, n. 1, p. 205-212, 1987.
- VALÉRIO, J. R.; NAKANO, O. Danos causados pelo adulto da cigarrinha *Zulia entreriana* na produção e qualidade de *Brachiaria decumbens*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, n. 5, p. 447-453, 1988.
- VALÉRIO, J. R.; NAKANO, O. Influência do adulto de *Zulia entreriana* (Berg, 1879) (Homoptera: Cercopidae) na digestibilidade “in vitro” de *Brachiaria decumbens*. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil.** v. 18, n. (supl.), p. 185-188, 1989.

- VALLE, C. B. DO; EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; VALÉRIO, J. R.; FERNANDES, C. D.; MACEDO, M. C. M.; VERZIGNASSI, J. R.; MACHADO, L. A. Z. BRS Paiaguás: A new *Brachiaria* (*Urochloa*) cultivar for tropical pastures in Brazil. **Tropical Grasslands/Pasturas Tropicales**, v. 1, n. 1.121-122. 2013a.
- VALLE, C. B. DO; SIMEÃO, R. M.; BARRIOS, S.C.L. Seleção e melhoramento de plantas forrageiras. In: Ricardo Andrade Reis, Thiago Fernandes Bernardes, Gustavo Rezende Siqueira. (Org.). **Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros**. 1ªed. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2013b, v. 1, p. 349-366.
- VALLE, C. B.; SIMIONI, C.; RESENDE, R. M. S.; JANK, L.; CHIARI, L. Melhoramento genético de *Brachiaria*. In: **Melhoramento de Forrageiras Tropicais**. 1ª ed. Campo Grande: Embrapa, 2008. p. 13-53.
- VALLE, C.B.; JANK, L.; RESENDE, R.M.S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. *Ceres*, v. 56, n. 4, p. 460-472, 2009.
- VAZ, F.A.S., SILVA, P.A., PASSOS, L.P., HELLER, M., MICKE, G.A., COSTA, A.C.O., OLIVEIRA, M.A.L. Optimisation of a capillary zone electrophoresis methodology for simultaneous analysis of organic aliphatic acids in extracts of *Brachiaria brizantha*. **Phytochemical Analysis** 23:569-575, 2012.
- VERZIGNASSI, J. R.; FERNANDES, C. D. Doenças em forrageiras. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. 2p. (Gado de Corte Divulga, 50)
- WENZL, P.; ARANGO, A.; CHAVES, A. L.; BUITRAGO, M. E.; PATIÑO, G. M.; MILES. J.; RAO, I. M. A greenhouse method to screen *Brachiariagrass* genotypes for aluminum. **Crop Science**, v. 46, p. 968-973, 2006.
- WENZL, P.; PATIÑO, G. M.; CHAVES, A. L.; MAYER, J. E.; RAO, I. M. The high level of aluminum resistance in signalgrass is not associated with known mechanisms of external aluminum detoxification in root apices. **Plant Physiology**, v.125, p.1473–1484, 2001.

ESTRATÉGIAS DE INTENSIFICAÇÃO DA PECUÁRIA DE CORTE EM SISTEMAS INTEGRADOS

Pedro Veiga Rodrigues Paulino¹
Fernando de Paula Leonel²
Raphael Pavesi Araújo³

Introdução

No Brasil, o total de pastagens cultivadas é superior a 220 milhões de hectares, entretanto, parte considerável dessas áreas encontra-se degradada ou em processo de degradação, o que leva à perda do potencial produtivo e da capacidade de suporte animal (BARCELOS et al., 2008).

As pastagens são a principal e mais econômica fonte de alimento para os ruminantes. No entanto, estabelecimento inadequado, lotação excessiva, correção inadequada da fertilidade do solo no momento da implantação e falta de adubação de manutenção têm causado perda da produtividade dos pastos, além de levar à sua degradação. A recuperação das áreas degradadas por métodos tradicionais: preparo de solo e semeio de capins é muito onerosa, em especial pela correção da fertilidade (VILELA et al., 2001), o que nos leva a busca por alternativas que minimizem este problema.

Sérios problemas também são detectados na agricultura quando se utiliza a monocultura e sistema convencional de plantio, o que resulta em perdas dos elementos (nutrientes e outros atributos) do solo e assoreamento de rios, contribuindo

¹ Gerente Global de Tecnologia – Bovinos de Corte. Cargill Animal Nutrition. pedro_paulino@cargill.com

² Zootecnista, Professor Adjunto do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de São João del Rei (DEZOO/UFSJ). e-mail: fernando.leonel@pq.cnpq.br;

³ Zootecnista; Pós-doutorando em Zootecnia pelo CNPq no DEZOO/UFSJ; e-mail: raphaelpavesi@yahoo.com.br

para uma redução da produtividade, perda de patrimônio e impacto negativo sobre os ecossistemas (BORGES, 1998).

Atualmente existe maior consciência por parte de produtores, técnicos e pesquisadores sobre a necessidade de recuperar as pastagens degradadas, como condição para intensificar a produção animal e de associar o cultivo de alimentos com a manutenção dos recursos naturais, visando o desenvolvimento de uma agricultura sustentável (MIRANDA et al., 1996 e TOWNSEND et al., 2000).

Nas últimas décadas, o produtor rural tem procurado alternativas para melhorar as características econômicas e produtivas da terra, maximizando o seu uso. O consórcio de culturas é viável em todos os sistemas de produção e independe do tamanho da propriedade, sendo também uma ferramenta para pequenos produtores. Tal sistema é interessante visto que possibilita o uso mais intensivo de pequenas áreas, permite plantar simultaneamente duas ou mais culturas, elevando a produção de alimentos com a otimização do uso de insumos e diminui o risco de insucesso. Além disso, sistemas integrados, tais como, a integração agricultura e pecuária proporciona condições de exploração menos agressiva conferindo ao sistema uma desejável sustentabilidade.

A integração agricultura e pecuária pode ser caracterizada desde o cultivo de culturas graníferas e pasto (integração lavoura x pecuária), simultaneamente ou não, até sistemas mais complexos ou apenas integração de mercado.

Segundo Leonel *et al.* (2009), a integração lavoura pecuária por meio do consórcio de culturas é uma ferramenta conservacionista, economicamente viável e é estratégica para produção de forragens, tanto pasto quanto silagens, para garantir adequada alimentação com volumosos de boa qualidade na época seca.

Os autores argumentam que a prática pode ser considerada como: tecnicamente viável; economicamente suficiente; social e ecologicamente correta, pois possibilita melhorias em atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo, na

produtividade do pasto e produção de carne e leite quando da utilização desse pasto após colheita do milho ou ensilagem das forragens dos consórcios; produção de silagens de boa qualidade e melhorias na produção de carne de animais confinados; redução da infestação de plantas daninhas e, conseqüentemente, do uso de herbicidas; redução do uso de inseticida, bem como redução e otimização do uso de fertilizantes; aumento da biodiversidade de pasto e áreas circunvizinhas, bem como melhorias de outras variáveis ecológicas; entrada de ativos financeiros no caixa das empresas rurais com aproveitamento dos investimentos; por viabilizar uma produção economicamente sustentável pode garantir a preservação de áreas de reserva legal (RL) e de preservação permanente (APP) (LEONEL *et al.* 2009).

O conjunto de técnicas criadas ou adaptadas visando renovar as pastagens e produzir grãos simultaneamente, enfocando sua sustentabilidade, foi denominado “Sistema Barreirão” (OLIVEIRA *et al.*, 1996; PORTES *et al.*, 2000). Todavia, de acordo com Borges (2004), a denominação “Integração Agricultura-Pecuária” foi adotada pelo agropecuarista Ake Bernard Van der Vinne, no ano de 1989, e, em distintas regiões, recebeu outras denominações: Recuperação de Pastagens Degradadas via Agricultura (Minas Gerais); “Integração Lavoura-Pecuária” (Região Sul do Brasil); “Integração Lavoura-Pastagem (Mato Grosso do Sul); “Sistema Santa-Fé” (Goiás) (LEONEL, 2007).

Os sistemas de integração lavoura-pecuária podem ser promissores para atender tanto dificuldades na pecuária como alternativa de recuperação de pastagens degradadas e para agricultura anual. Além de melhorar as características produtivas das lavouras, melhora as condições sociais no meio rural diminuindo impactos no meio ambiente visando a sustentabilidade (MACEDO, 2009).

O uso de palhadas na alimentação de bovinos também tem sido outra estratégia para potencializar o uso de recursos produzidos, tal técnica se baseia na utilização da palhada

residual de culturas tradicionais, i.e. milho e arroz, que anteriormente seriam desprezadas e/ou utilizadas na reestruturação química e física do solo.

Diante do exposto, este capítulo tem por objetivo discorrer sobre algumas estratégias de intensificação da pecuária de corte utilizando sistemas integrados de produção.

Histórico e evolução da utilização de sistemas integrados

Inicialmente a integração lavoura pecuária foi utilizada como ferramenta para a viabilização econômica de implantação e recuperação de pastagens. Carvalho et al. (1990) verificaram que o consórcio de milho e capim-braquiária foi viável economicamente, pois além da receita obtida com a produção de grãos ter sido suficiente para cobrir os custos de produção da cultura anual e recuperação da pastagem degradada, também gerou lucro. Resultados semelhantes indicam o consórcio milho e capim-braquiária como alternativa viável na reimplantação de pastagens degradadas e no estabelecimento de pastagens recém-formadas (DUARTE et al, 1995; KICHEL et al, 1999; TOUWSEND et al, 2000; PORTES et al., 2000).

Entretanto, com o avanço do conhecimento científico e das exigências ambientais, percebeu-se que a integração lavoura e pecuária pode ser uma ferramenta de sustentabilidade ambiental. Pois, entre as vantagens apresentadas neste sistema de produção são citadas: a manutenção das propriedades físicas e químicas do solo, quebra do ciclo de doenças e pragas, redução na população de plantas daninhas, redução do uso de defensivos agrícolas, aumento da rentabilidade do agricultor. Além dessas vantagens a diversificação da produção, principalmente na utilização da forrageira, após o consórcio, como pastagem para a pecuária ou para a formação de palhada para o sistema de plantio direto são de grande importância (COBUCCI, 2001; OLIVEIRA et al., 2001). Acrescentam-se outros benefícios, aumento da taxa de lotação animal (otimização do uso da área); melhorias na fertilidade e

produtividade do solo; otimização do uso de maquinário e mão-de-obra; obtenção de duas receitas/ano (grãos e leite ou carne); diminuição da erodibilidade de partículas de solo e de nutrientes e conseqüentemente menor assoreamento dos mananciais hídricos (AGNES *et al.*, 2004). Proporcionando assim, uma agricultura e uma pecuária eficientes, do ponto de vista produtivo e conservacionista, quando não, renovadora do ponto de vista ecológico-ambiental.

Nos últimos anos adicionou-se mais um componente nos sistemas integrados de produção, a floresta. Levando em consideração o ponto de vista ambiental, vários estudos mostram que é possível trabalhar com pecuária, agricultura e florestas plantadas conservando o meio ambiente com o uso de componentes de multipropósito em sistemas integrados (MURGUEITIO, 2003 e ALONSO *et al.*, 2007).

Em comparação com os sistemas convencionais de uso da terra, a integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) tem como objetivo principal permitir maior diversidade e sustentabilidade. Do ponto de vista ecológico, a coexistência de mais de uma espécie em uma mesma área pode ser justificada em termos da ecologia de comunidades, desde que as espécies envolvidas ocupem nichos diferentes, de tal forma que seja mínimo o nível de interferência (BUDOWSKI, 1991).

A iLPF têm sido definida como sistemas viáveis de uso da terra, que além de aumentarem o rendimento da área, combinam simultaneamente ou em sequência na mesma unidade de área a produção de culturas agrícolas, espécies florestais e/ou animais (KING e CHANDLER, 1978).

Os sistemas consorciados, como forma de uso do solo, têm sido muito estudados e divulgados no Brasil, como relatam os estudos de Kruschewsky *et al* (2007), Oliveira *et al* (2007), Balbino *et al.* (2011) e Paciullo (2011). Porém, a maioria dos trabalhos que contemplam o assunto está preocupado em provar a melhoria de tal sistema em detrimento dos cultivos tradicionais ou monocultivos. Outros discorrem a respeito do efeito isolado de algum componente (OLIVEIRA *et al.*, 2009;

PACIULLO, 2011), de forma que ainda são escassos os trabalhos que avaliam a iLPF como um todo, focando nas diversas interações existentes com objetivo de encontrar um modelo satisfatório para cada objetivo (agricultura, pecuária, silvicultura ou recuperação de áreas degradadas) que minimizem os efeitos deletérios e potencializem os benefícios que cada componentes possui.

Interação dos componentes em sistemas de integração

No agrossistema a competição é definida como a distribuição dos recursos limitantes ao crescimento entre indivíduos ou plantas e a eficiência de cada indivíduo em utilizar estes recursos para a produção de biomassa (ROHRIG & STULZEI 2001). Segundo Rajcan & Swanton, (2001) a luz (intensidade e quantidade interceptada pela cultura) determina o potencial fotossintético, enquanto a qualidade da luz (espectro luminoso) pode modificar a morfologia da planta. Ambos os componentes são modificados numa situação de competição no consórcio quando comparado ao monocultivo.

Dentro do agronegócio a integração lavoura e pecuária é uma “ferramenta” que pode ter duas “faces distintas” de acordo com o objetivo e estrutura da empresa rural em questão. Ou seja, esse sistema pode ser utilizado por agricultores interessados em uma alternativa viável para cobertura de solo na forma de palhada para plantio direto e obtenção de mais uma fonte de renda na entressafra, ou pode ser empregado em propriedades que a principal atividade é a pecuária de leite ou corte. Nesse último caso, na maioria das vezes, o objetivo, ou melhor, a necessidade é a recuperação do potencial produtivo de áreas com pastagens degradadas ou em processo de degradação.

Na literatura é extensa a lista de trabalhos que demonstraram o benefício da integração agricultura pecuária, todavia, na maioria das vezes, os autores focaram apenas as características quantitativas, principalmente, os efeitos sobre a produção da cultura agrícola (arroz, milho, soja e outras),

ficando para segundo plano as características quantitativas (produção de matéria seca) e qualitativas (valor nutritivo) da cultura forrageira.

Com o objetivo de gerar informações sobre a qualidade do pasto produzido em sistemas de integração lavoura e pecuária, Leonel et al. (2009), avaliaram o comportamento produtivo e características nutricionais do capim-braquiária cultivado em consórcio com milho em diferentes formas de cultivo, e alguns resultados de variáveis nutricionais, de produtividade do capim-braquiária e produção de grãos de milho por área foi avaliado e então demonstrando a superioridade quantitativa dos sistemas integrados, objetivamente a integração lavoura e pecuária, em relação o cultivo de monocultura.

De posse desses resultados os autores concluíram que: Em situações onde o capim-braquiária recebeu maior sombreamento, o teor de proteína bruta na matéria seca foi mais elevado. O consórcio não afetou os teores de lignina de carboidratos não-fibrosos nem o de nutrientes digestíveis totais na matéria seca do capim-braquiária. No consórcio, a relação folha:colmo do capim-braquiária foi menor que no cultivo exclusivo no período em que o sombreamento pelo milho foi mais intenso. Na fração folha os teores de proteína bruta foram maiores e os de fibra em detergente neutro e lignina foram menores que na fração colmo. A produtividade do milho não foi afetada pelo consórcio. Quando o objetivo for recuperar pastagens degradadas, o cultivo de duas fileiras de capim-braquiária nas entrelinhas do milho é o arranjo mais interessante.

Kluthcouski & Aidar (2003) trabalharam com consórcio milho e capim-braquiária em várias regiões do Brasil, relataram produções médias em grãos, de 3.012 a 8.788 kg/ha, e não verificaram redução na produtividade do milho em consórcio quando comparado ao cultivo exclusivo.

Do ponto de vista da pecuária, vários são os entraves à produtividade dos sistemas, cite-se a degradação das pastagens, a escassez de alimento volumoso, bem como, a perda do valor

nutritivo desses alimentos para a alimentação de bovinos durante o período seco do ano, alguns dos quais são crônicos e atormentam esse setor desde o descobrimento do Brasil. Desse modo, o pecuarista, principalmente o pequeno produtor, encontra-se diante de um duplo problema: necessidade de recuperação da produtividade da pastagem e de produzir e armazenar volumoso de boa qualidade para a época mais crítica do ano (período seco). Ressalta-se, nesse caso, a necessidade de investimento, contextualizado em panorama crítico: pequeno produtor, com baixa capacidade de investimento. Na busca por alternativas viáveis para sanar esses dois problemas Leonel et al. (2008) estudaram formas de recuperação de pastos degradados. Esses autores avaliaram a integração lavoura e pecuária sob diferentes formas de estabelecimento para o consórcio capim-braquiária e milho, e concluíram que o consórcio proporcionou maior produção de nutrientes por área quando comparado com as culturas exclusivas e que as silagens oriundas destes consórcios tiveram melhores características qualitativas.

Leguminosas forrageiras, tanto na forma exclusiva como em associação com gramíneas, tem sido utilizadas em sistemas integrados, com objetivo de recuperação de pastagens, consumo animal *in natura* e até para ensilagem com o milho.

Normalmente, entre os técnicos de produção animal, existe certa resistência quanto à ensilagem de plantas leguminosas. Isso em função do elevado poder tampão dessas forrageiras, entretanto, as pesquisas sobre silagem de leguminosas tem aumentado e, para o caso de silagens oriundas material colhido do consórcio capim-braquiária e soja, tem sido em nível de propriedades comerciais, bons resultados de consumo pelos animais acompanhados de desempenhos satisfatórios e balanço econômico favorável.

As leguminosas apresentam simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio e, quando consorciadas, a liberação do nitrogênio fixado biologicamente, responderá em grande parte pela manutenção da produtividade da gramínea. As

transferências de nitrogênio ocorrem abaixo e acima da superfície do solo, diretamente ou indiretamente para a planta mais próxima, seja pela excreção de N da rizosfera da leguminosa, pela decomposição das raízes e nódulos, pela conexão por micorrizas das raízes da gramínea com aquelas da leguminosa ou ainda pela ação da fauna do solo sobre raízes e nódulos da leguminosa (FISHER et al., 1997).

A adoção de leguminosas na formação de pastagens, em consórcios ou exclusivas, é orientada pela escolha da cultivar mais adequada às condições ambientais, à natureza da exploração, à capacidade de intervenção e à disponibilidade de recursos, dentre outros. Embora a tomada de decisão seja semelhante à empregada na escolha de uma gramínea forrageira, existe uma resistência maior à leguminosa por parte de técnicos e produtores, em função dos riscos de insucesso e custos envolvidos. Parte dessa questão deve-se ao maior conhecimento e informações disponibilizadas às gramíneas forrageiras e ao comércio agressivo de suas sementes (BARCELOS et al., 2008).

A contribuição de N pelas leguminosas para outras culturas em consórcio depende da espécie de leguminosas, de seu potencial de nodulação e da eficiência para a produção de fitomassa. Isso é determinado pelo material genético e pelas condições ambientais, podendo ser potencializado pelo manejo dos resíduos (RAO & MATHUVA, 2000).

As leguminosas ainda podem auxiliar na diminuição da comunidade infestante. Martins, (1994), conclui que a semeadura de leguminosas, 21 dias após a implantação do milho, reduziu a população de plantas daninhas e não interferiu na produtividade da cultura. Outros trabalhos têm demonstrado que a associação entre milho e soja, assim como entre sorgo e soja, tem proporcionado aumento da massa verde, matéria seca e proteína bruta total (OBEID et al., 1992; RESENDE et al., 2001; SILVA et al., 2003). Ainda, Queiroz et al. (2008) trabalharam com cultivo de milho consorciado com leguminosas arbustivas perenes em sistema de aleias com

suprimento de fósforo, encontraram maiores teores de nitrogênio foliar nas culturas consorciadas com aleias de guandu, gliricídia e no de milho solteiro adubado.

Heinrichs et al. (2001) realizaram um trabalho avaliando o cultivo consorciado de aveia e ervilhaca e concluíram que a consorciação proporciona maior produtividade de milho nas condições de solo do Rio Grande do Sul, equivalente ao obtido em sucessão à ervilhaca como cultura solteira.

O nitrogênio suprido pela leguminosa dá suporte à produtividade de forragem e pode ampliar a vida útil da pastagem. Leguminosas bem adaptadas, tardias e resistentes à seca, podem diminuir a estacionalidade da produção de forragem, verificada em pastos exclusivos de gramíneas. Assim, as leguminosas forrageiras tropicais têm importante papel a desempenhar: formação de pastagens consorciadas ou bancos de proteínas (BARCELOS et al., 2008).

Davies & Thomas (1983) e Frank & Hofman (1994) relatam que sombreamento resulta em baixa quantidade de luz incidente sobre as gemas originárias de perfilhos e em variações na relação entre os comprimentos de ondas, compreendidos no intervalo vermelho/vermelho distante, que compõem a qualidade da luz para o estímulo ao perfilhamento. Como a produção de matéria seca de uma pastagem é diretamente proporcional ao número de perfilhos da forrageira na área, o sombreamento pode reduzir essa produção.

Avaliando o crescimento de *B. brizantha* em consorciação com milho, sorgo, milheto e arroz, Portes et al. (2000) verificaram que a presença dos cereais provocou redução no número de perfilhos, índice de área foliar, biomassa total da parte aérea e na taxa de crescimento da braquiária, até a colheita dos cereais. Dias Filho (2001), por sua vez, percebeu que plantas de *B. brizantha* sob sombreamento artificial apresentam plasticidade fenotípica quanto à captura de radiação em resposta ao sombreamento. Nesse mesmo trabalho, constatou-se, ainda, que plantas sombreadas destinaram menos biomassa para as raízes e aumentaram a

alocação para as folhas, com incremento da área foliar específica e da razão de área foliar. Como consequência, foram capazes de manter o crescimento em níveis satisfatórios mesmo com limitação luminosa.

O sombreamento em forrageiras geralmente tem um efeito mais intenso sobre produção de matéria seca do que sobre a qualidade do material produzido. Kephart et al. (1992) e Kephart & Buxton, (1993) trabalharam com cinco gramíneas perenes e observaram que a “imposição” de 63% de sombreamento sobre as mesmas resultou em redução de 43% na produção, e de 24% no peso específico de folhas. Entretanto, verificaram redução de apenas 3% na concentração de fibra (FDN), 4% na concentração de lignina e 5% de aumento de digestibilidade da matéria seca. Nesse mesmo trabalho, os autores destacaram que a concentração de nitrogênio (N) é mais responsiva ao sombreamento, onde foi verificado incremento médio de 26% quando as gramíneas foram submetidas a sombreamento artificial de 63%.

Todavia vários trabalhos têm constatado diminuição da concentração dos carboidratos da parede celular, devido à diminuição de fotoassimilados para a formação da parede celular secundária (KEPHART & BUXTON, 1993). Wilson & Wong (1982) também demonstraram que o sombreamento realmente diminui a concentração da parede celular em forrageiras. A fração de hemicelulose parece ser menos sensível ao sombreamento que celulose e lignina (HENDERSON & ROBINSON, 1982a,b).

O conhecimento sobre a concentração de parede celular na matéria seca das forrageiras e sobre as frações que a compõe é importante, pois o teor de celulose, hemicelulose e lignina correlaciona-se negativamente com o consumo de matéria seca pelo animal e, conseqüentemente, com o desempenho (ÅMAN, 1993). Segundo Van Soest (1994) os componentes da parede celular assumem importante papel nos sistemas de produção de ruminantes, principalmente a pasto, por estarem relacionados

com o consumo de alimentos e cinética de trânsito desse alimento no trato gastrointestinal desses animais.

Kephart & Buxton (1993) e Samarakoon et al. (1990a,b) perceberam redução dos componentes da parede celular e conseqüente aumento na digestibilidade da matéria seca devido ao sombreamento. Por outro lado, Wilson & Wong (1982); Navarro-Chavira e McKersie (1983); Blair et al. (1983) e Struik (1983), reportaram queda na digestibilidade da matéria seca em função da diminuição da irradiação solar.

O conhecimento dessa disponibilidade de nutrientes, principalmente de compostos nitrogenados e energia, necessários para adequado crescimento dos microrganismos ruminais, é extremamente importante quando se trabalha com dietas à base de forragens para que o consumo voluntário máximo não seja restringido por deficiências de nutrientes, mas sim, pela capacidade máxima de enchimento do retículo-rúmen dos animais (PEREIRA et al., 2002). A significância em que os teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido se correlacionam com a digestibilidade, parece estar condicionada ao grau de associação entre os teores de lignina e de fibra. Se esta associação é baixa o conteúdo de fibra da forrageira não será bom indicador da digestibilidade (VAN SOEST, 1994; QUEIROZ et al., 2000).

Uso do componente arbóreo na integração lavoura-pecuária

Com o passar dos anos a integração lavoura-pecuária se tornou reconhecidamente uma modelo de uso da terra superior em termos de sustentabilidade, em relação aos monocultivos tradicionais, porem, este modelo não se estagnou, de forma que constantes aperfeiçoamentos foram realizados, e assim foi então proposto à introdução de espécies arbórea neste sistema, formando então a agrosilvicultura ou integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF), mais popularmente conhecida.

Esta consorciação consiste na implantação de diferentes sistemas produtivos de grãos, fibras, carne, leite, agroenergia e

outros, no mesmo ambiente de cultivo, em plantio consorciado, sequencial ou rotacionado, o que aproveita as sinergias existentes entre eles. A iLPF, aliada a práticas conservacionistas como o Sistema Plantio Direto (SPD) é uma alternativa econômica e sustentável para recuperar áreas de pastagens degradadas. Estudos técnico científicos e experiências de produtores mostram que a implantação da ILPF resulta em importantes benefícios econômicos, ambientais e sociais (OLIVEIRA et al., 2010).

A iLPF insere-se dentro do conceito de sistemas Agroflorestais (SAF's) onde se classifica também como Sistemas Agrossilvipastoris (cultivos agrícolas, pastagens e/ou animais, e árvores). Segundo Lal (1991) quando se combinam espécies anuais e perenes ocorre um efeito sinérgico na produtividade e nas condições do solo, refletindo na utilização mais eficiente dos nutrientes disponíveis, em benefícios para as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, com redução nos riscos econômicos, frequentemente constatados na exploração isolada das espécies.

Além disso, o cultivo da terra pelos SAF's pode fornecer bens, serviços e diversificação de produtos na propriedade, tais como: cerca viva, sombra para culturas agrícolas e animais, quebra ventos, produção de adubos verdes, madeira, lenha, forragem, produtos medicinais e alimentos, dentre outros; além de ser uma ferramenta para auxiliar na reversão do processo de degradação ambiental existente (MAC DICKEN e VERGARA, 1990).

Nesses sistemas é comum a alta diversidade das espécies, convivendo na mesma área plantas frutíferas, madeiras, forrageiras, ornamentais e medicinais. Além de se considerar as características intrínsecas da espécie e das condições locais da área, é imprescindível observar os costumes e anseios do produtor, devendo a escolha da espécie ser feita principalmente buscando conhecer os hábitos regionais e aquelas espécies que irão beneficiar a família rural (OLIVEIRA et al., 2010).

Como em qualquer sistema de plantio, a iLPF possui vantagens e desvantagens. As vantagens podem ser divididas em biológicas, físicas e ambientais, assim como em econômicas e sociais (VALERI *et.al.*, 2003). As biológicas, físicas e ambientais são representadas pela melhoria da estrutura física, química e microbiota do solo, controle da erosão e aumento da produtividade, dentre várias outras (MACEDO, 2000). As vantagens econômicas e sociais são aquelas que afetam diretamente a vida do agricultor, como aumento da sua renda e sua frequência ao longo do ano, melhoria na sua alimentação, maior variedade de produtos e serviços, emprego fixo durante o ano e manutenção desse agricultor e de sua família no campo.

Na iLPF podemos citar como desvantagens o aumento na competição entre as espécies vegetais; danos mecânicos durante a colheita ou tratos culturais sobre alguns componentes; dificuldade de entrar com maquinário na área quando a espécie arbórea não possui distribuição organizada e planejada para mecanização; danos promovidos pelos animais, devido ao pisoteio; compactação do solo e raleamento ou perda total da vegetação; e permanência de componentes no sistema que podem servir como *habitat* ou hospedeiros para pragas e doenças.

Para a utilização de árvores em pastagens, o principal ponto que deve ser levado em consideração é o espaçamento de plantio. A escolha do espaçamento adequado tem como objetivo proporcionar para cada indivíduo o espaço suficiente para se obter o crescimento máximo. Os espaçamentos utilizados pelas principais empresas reflorestadoras do Brasil têm sido escolhidos, visando possibilitar a mecanização das atividades de implantação, manutenção e exploração dos maciços florestais, por isso tem sido dada preferência aos espaçamentos com, aproximadamente, três metros entrelinhas, e seus multiplus. Esse arranjo entre plantas busca facilitar a movimentação de máquinas durante a manutenção e

exploração do povoamento, com baixo risco de danos às plantas (BOTELHO, 1998).

O autor acima ainda relata que um dos principais elementos de tomada de decisão é a análise do espaçamento ótimo de plantio, através de estudos de crescimento dos indivíduos em diferentes espaçamentos, pois a densidade de árvores de um povoamento florestal influencia a taxa de crescimento, qualidade da madeira, idade de corte, e conseqüentemente, os aspectos econômicos do investimento.

Tendo o espaçamento influência tão marcante na produção de madeira e em sua qualidade, os estudos relativos à densidade dos povoamentos tornam se necessários e mais justificados, de modo a acompanhar a marcante evolução das técnicas de manejo florestal (RENSI COELHO et al, 1970).

Na escolha do espaçamento para formação de iLPF, tem que se levar em consideração não só a área útil por árvore visando seu máximo crescimento, mas também a dinâmica de crescimento da espécie arbórea, devido a influência marcante deste componente nos demais, principalmente no que se refere a incidência de sombreamento. Segundo Soares et al (2009) o nível de radiação que chega ao estrato inferior de um sistema de iLPF é determinante para o crescimento e desenvolvimento de espécies em sub-bosque, e para que isso ocorra, é comum a prática de desbastes e desrama quando a competição entre árvores se torna prejudicial na produção de madeira e/ou forragem.

Quando o estabelecimento da iPLF é planejado, existe a possibilidade de a distribuição espacial das árvores ser feita de modo que se reduza a competição por luz, permitindo maior persistência e eficiência do sistema como um todo (CARVALHO, 1997).

O acompanhamento anual da dinâmica de crescimento das árvores fornece subsídios científicos para a análise do potencial de adaptação dessa espécie em uma determinada região. De modo geral, os resultados de pesquisa mostram que o crescimento em diâmetro é uma característica altamente

responsiva aos espaçamentos, por esse motivo, tem-se feito esse tipo de avaliação para testar o efeito do espaçamento sobre estas variáveis (OLIVEIRA, 2005).

A mensuração florestal é um importante elemento no manejo da floresta, uma vez que fornece informações precisas, permitindo assim a tomada de decisões adequadas, além de possibilitar o melhor planejamento de suas atividades. As duas variáveis mais utilizadas para a realização de inventários florestais são a altura e o diâmetro, que são usadas para o cálculo da área basal e do volume de madeira existentes em uma floresta (FREITAS e WICHERT, 1998).

Esse tipo de avaliação já vem sendo usada há muitos anos, como por exemplo, Trevizol Júnior (1985), através do modelo de crescimento proposto por Clutter (1963), utilizou dados de parcelas permanentes de plantações de eucalipto para estimar sua produção em volume e área.

Combinações usadas em sistemas integrados

Consórcio forragem e milho para produção de silagem

O cultivo simultâneo de milho e braquiária aparecem como uma função bijetora, tendo como imagem ou resposta as soluções para os dois problemas. Quando se trata da conservação de forragem por meio de ensilagem, particular interesse deve ser dispensado para o padrão de fermentação da silagem.

O processo fermentativo de gramíneas perenes, no qual se enquadra o capim-braquiária, tem alguns fatores limitantes (entraves), como os baixos teores de matéria seca e de carboidratos solúveis, e o elevado poder tampão (NUSSIO, 2001; REIS & COAN, 2001). Já o milho é considerado padrão para ensilagem no que se refere às características fermentativas e desempenho animal (FERREIRA, 2001).

O cultivo de capim-braquiária consorciado com milho ou com soja também pode ter como finalidade a produção de forragem para ensilagem (nesse caso as duas culturas consorciadas terão o mesmo destino). Essa é uma situação

interessante para contextualização, pois, pode atender à demanda de sistemas de produção de diferentes portes.

Reforça-se aqui a integração agricultura-pecuária como um sistema para a solução do processo de degradação, com a recuperação da fertilidade do solo via adubação residual, e para a produção e armazenamento de volumosos para a época crítica do ano. Entretanto, a produção de silagem utilizando capins tropicais dos gêneros *Panicum*, *Pennisetum*, *Cynodon* e *Brachiaria*, dentre outros, possui limitações a serem superadas, devido ao fato desses capins conterem baixos teores de matéria seca, baixos níveis de carboidratos solúveis e elevada capacidade tampão (NUSSIO, 2001) no momento da ensilagem. Outro entrave ao uso de tais gramíneas para a confecção de silagem é a indisponibilidade de máquinas nacionais apropriadas para a execução da tarefa de corte de plantas de elevada produção, o que levou a importação de máquinas e equipamentos, principalmente da Europa. Essa maquinaria era, geralmente, robusta, mas efetuava cortes da forragem que resultavam em tamanhos de partículas longos. Nos últimos quinze anos, algumas empresas nacionais passaram a desenvolver e produzir equipamentos de maior capacidade operacional e isso têm viabilizado a adoção do uso de silagens de capins tropicais em maior escala.

Como citado, para a planta produzir boa silagem, algumas premissas devem ser respeitadas. A capacidade de fermentação da planta forrageira é definida como a relação entre o teor de carboidratos solúveis e os teores de umidade e poder tampão presentes em sua composição. Capins tropicais apresentam baixos teores de carboidratos solúveis e elevados teores de umidade. Portanto para se obter silagens de boa qualidade e para reduzir as perdas de material durante o processo de ensilagem, as restrições quanto a umidade e carboidratos solúveis devem se corrigidas por meio de aditivos que promovam o aumento do teor de matéria seca e/ou de carboidratos solúveis. Isso resulta em aceleração da fermentação inicial fazendo com que o pH apresente declínio

mais acentuado levando a estabilização mais rápida do material, melhor conservando suas propriedades nutricionais (NUSSIO, 2001).

Utilização de leguminosas no consórcio forragem e milho

O uso de leguminosas consorciadas com gramíneas tem sido uma estratégia usada para a fixação biológica de nitrogênio, o que incrementa os teores e a disponibilidade desse nutriente no solo (DAS ROS, 1993; HEINRICHS *et al.*, 2001; AITA & GIACOMINI, 2003; BARCELLOS *et al.*, 2008). Isso permite diminuir a aplicação de doses de N mineral em sistemas de consórcio, como o de capim-braquiária, milho e leguminosa, reduzindo os custos com o fertilizante e a probabilidade de perda de N para espelhos de água superficiais e lençóis freáticos, mas com satisfatórias produções de forragens.

Em sistemas consorciados com presença de leguminosas, uma proporção do nitrogênio fixado simbioticamente pela leguminosa torna-se disponível para utilização pela gramínea associada ou por outras plantas não leguminosas. O nitrogênio fixado transfere-se para o sistema (biosfera) sob a forma de compostos solúveis de nitrogênio liberados pela planta, resíduos formados por partes da leguminosa que se acumulam no solo e excrementos dos animais em pastejo. A liberação de compostos nitrogenados solúveis de partes vivas da planta constitui-se em apenas uma pequena parte do total do nitrogênio transferido e compreende a lixiviação de nitrogênio das folhas, assim como a excreção de nitrogênio das raízes e nódulos (CARVALHO, 1986).

Costa *et al.* (1998) verificaram que a introdução de leguminosas, independentemente da adubação fosfatada, mostrou-se prática e tecnicamente viável para a recuperação de pastagens de *B. brizantha* cv. Marandu.

A interação de leguminosas e gramíneas é aconselhável não somente para induzir o consumo de matéria seca pelos animais em pastejo, mas, principalmente para adição de nitrogênio ao solo (MIRANDA *et al.*, 1999; ZIMMER &

FILHO, 1997), uma vez que as gramíneas tropicais adicionam continuamente ao solo materiais com alta razão C/N, conduzindo à imobilização do nitrogênio e à construção de matéria orgânica recalcitrante. Nos solos nos quais a disponibilidade de nitrogênio é alta o suficiente para inibir a atividade do nitrogênio fixado biologicamente pelas leguminosas em monocultivo, o estabelecimento de gramínea poderá consumir o nitrogênio disponível no solo e forçará a leguminosa a obter nitrogênio fixado biologicamente. Nessa condição, a produção total de nitrogênio no sistema com a associação será maior do que com a gramínea ou a leguminosa sozinha.

Assim, sob a ótica de sustentabilidade em sistemas de integração lavoura pecuária, é notória a contribuição das leguminosas na transferência de nitrogênio para a gramínea associada e para o sistema como um todo. No entanto, a importância relativa da via de silagem dependerá das características inerentes às espécies consorciadas, principalmente da leguminosa (CANTARUTTI & BODDEY, 1997).

Também Kaldmäe *et al.* (2000) afirmaram que a digestibilidade de plantas leguminosas decresce mais lentamente do que gramíneas com o avançar da maturidade, possuindo, assim, período ótimo para ensilagem mais longo. Por outro lado, leguminosas, de modo geral, apresentam alguns limitantes para a ensilagem, como: baixo teor de carboidratos fermentescíveis, elevado teor de umidade, alto poder tampão (dificuldade de redução do pH) e maior dificuldade na mecanização da colheita (LEONEL, 2008).

No que se refere aos problemas de fermentação do material ensilado, práticas como consórcio com milho ou sorgo, ou mistura do material oriundo dessas culturas no momento da ensilagem, uso de aditivos adsorventes de umidade, inoculantes biológicos e enzimas, têm apresentado resultados satisfatórios, com relação ao padrão de fermentação e qualidade nutritiva do material ensilado (GARCIA, 2006).

Uso de palhadas na alimentação de bovinos

A palhada, ou resíduo de culturas agrícolas, é uma abundante fonte de alimentação de para gado de corte. Quando suplementados, a palhada pode suprir as exigências nutricionais de vacas que estão em boa condição corporal, porem este alimento não pode ser utilizado como fonte exclusiva de alimentação, pois possui alto valor de fibra.

Uma vantagem de utilizar a palhada é sua grande disponibilidade e baixo custo, isto criou um pequeno, porem importante mercado para estes produtos, tanto como um produto colhido e como cultura permanente no campo.

A utilização destes produtos na forma de cultura permanente no campo diminui custos de produção, pois o alimento não precisará ser colhido armazenado e posteriormente fornecido aos animais, porem este se limita ao uso em períodos curto devido o alimento está exposto ao ambiente. Outra característica da utilização destes produtos é que os animais conseguem inicialmente selecionar a dieta, devido a abundancia do alimento, diminuindo esta característica com o passar do tempo, quando a fonte de resíduo vai se exaurindo. Com isso se faz necessário a utilização estratégica desta fonte de resíduo, com a introdução de animais de maiores exigências nutricionais quando o alimento é abundante, e suplementação no final do período de pastejo.

A utilização de subprodutos agrícolas (resíduos de colheita, palhadas, etc) pelos ruminantes no Brasil pode ser considerada incipiente em relação à produção, que é de aproximadamente 130 milhões de toneladas (CRUZ, 1983). Isso se deve, principalmente, ao reduzido valor nutritivo de alguns desses resíduos: baixos teores de compostos nitrogenados, carboidatos solúveis e minerais disponíveis e baixa digestibilidade. Entretanto, esses volumosos são ricos em celulose, hemicelulose e lignina e fatores antiqualitativos, como a sílica e os ácidos fenólicos inibidores da digestão e do

consumo (AKIN et al., 1988; PAIVA, 1992; OWEN e VELAZQUEZ, 1992).

Para que haja melhor aproveitamento das palhadas pelos ruminantes, é necessário identificar quais os melhores meios para a utilização dos nutrientes, principalmente para animais em estados fisiológicos de menor exigência nutricional ou em baixa produção. Os meios mais conhecidos, no momento, são os tratamentos químicos e, ou, a suplementação nutricional. Pode-se melhorar o consumo e a digestibilidade das palhadas por meio da adição de fontes ricas em nutrientes disponíveis, buscando a interação positiva do aumento do consumo com o aumento da população microbiana do rúmen, principalmente das bactérias digestoras de celulose. Esses efeitos são esperados quando, na suplementação do alimento base da dieta, são usados compostos nitrogenados não-protéicos (NNP), como uréia ou amônia anidra, aumentando o consumo de material fibroso em 30% ou mais combinação de proteína de baixa e, ou, alta degradabilidade no rúmen e, ou, volumosos verdes picados, de preferência leguminosas (PRESTON, 1986).

Segundo Orskov e Hyle, citados por Dolberg (1992), os suplementos de alta digestão devem ser adicionados em pequenas quantidades às dietas básicas. Quantidades acima de 10 a 20% da MS na dieta total tendem a diminuir a digestão da dieta básica, resultando em ineficiência no uso desta. Quando a suplementação não ultrapassa 30% da MS total da dieta básica, pressupõe-se que esta tenha ação catalítica sobre o processo de digestão da fibra pelos microrganismos do rúmen, visto que mais de 30% não teriam o mesmo efeito, pois o suplemento teria ação direta na nutrição do hospedeiro (PRESTON, 1986).

A capacidade dos microrganismos do rúmen atuarem sobre as ligações beta dos carboidratos estruturais e incorporarem o nitrogênio não-protéico em suas proteínas é extremamente importante para os ruminantes. Essa capacidade permite a esses animais se alimentarem de plantas fibrosas, como gramíneas e leguminosas, bem como resíduos agro-industriais, que, de outra forma, não teriam outra finalidade,

senão sua incorporação ao solo. Entretanto, mesmo para os ruminantes, os resíduos de culturas, como as palhadas de cereais, possuem baixo valor nutritivo, em razão da baixa digestibilidade (500 g de matéria orgânica digestível por kg de MS), do baixo teor de proteína bruta (PB), 50 g/kg de MS, e do baixo conteúdo de minerais e vitaminas disponíveis. Em virtude desse aspecto, esses alimentos são usados, principalmente, para manutenção de animais adultos e, ou, animais em crescimento, na época em que houver escassez de volumosos de melhor qualidade (OWEN e VELAZQUEZ, 1992).

Esses são alguns dos fatores que contribuem para seu baixo consumo pelos ruminantes, em torno de 1,5 a 2,0% do peso vivo. Dentre os fatores que interferem isoladamente ou associados no consumo, destacam-se raça, idade, tamanho, sexo, estado fisiológico e produção. Naturalmente, a variação desses fatores tem implicação direta no fornecimento dos nutrientes necessários ao desempenho do animal.

Se o consumo é o principal fator determinante do desempenho produtivo do animal, o aumento deste se reveste de grande importância, requerendo, portanto, muitos estudos sobre o assunto para melhor aproveitamento desses alimentos pelos ruminantes. Os alimentos ingeridos pelos ruminantes desaparecem do trato gastrointestinal mediante sua digestão, absorção e passagem de um compartimento para o outro. Conseqüentemente, a degradação de um alimento em determinado compartimento é resultante da interação, de certa forma competitiva, da taxa de degradação e da taxa de passagem (VAN SOEST, 1982).

Considerações finais

O uso de sistemas integrados na produção de bovinos é uma ferramenta conservacionista, economicamente viável e é estratégica para produção de forragens, tanto pasto, quanto silagens para garantir adequada nutrição do rebanho.

Essa prática pode ser considerada como: tecnicamente viável; economicamente suficiente e, social e ecologicamente corretos, pois, possibilita diversas melhorias, tais como:

- Melhorias em atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo, na produtividade do pasto;

- Produção de silagens de boa qualidade e melhorias na produção;

- Redução da incidência de plantas daninhas e conseqüentemente do uso de herbicidas;

- Redução do uso de inseticida, bem como, redução e otimização do uso de fertilizantes;

- Aumento da biodiversidade nas paisagens pasto e áreas circunvizinhas, bem como, melhorias de outras variáveis ecológicas;

- Entrada de ativos financeiros no caixa das empresas rurais com otimização dos investimentos;

- Por viabilizar uma produção economicamente sustentável pode garantir a preservação de áreas de reserva legal (RL) e de preservação permanente (APP).

Referências bibliográficas

- AGNES, E.L.; FREITAS, F.C.L.; FERREIRA, L.R. Situação Atual da Integração Agricultura-Pecuária em Minas Gerais e na Zona da Mata Mineira. In: Manejo Integrado, Integração Agricultura-Pecuária. **Anais...** Viçosa, p.251 – 267. 2004.
- AITA, C.; GIACOMIN, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 601-612, 2003.
- AKIN, D.E., RIGSBY, L.L., THEODOROV, M.K. et al. Population changes of fibrolytic rumen bacteria in the presence of phenolic acids and plant extracts. *Anim. Feed Sci. Technol.*, n. 19, v. 3, p. 261-275, 1988.
- ALONSO, J.L.; VALENCIAGA N.V.; SAMPAIO, R.A.; LEITE, G.L.D. Diversidad zoológica asociada a un silvopastoreo leucaena-guinea con diferentes edades de establecimiento. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 42, n.12, p.1667-1674, 2007.
- ÅMAN, P. Composition and structure of cell wall polysaccharides in forages. In: Forage cell wall structure and digestibility. ASA.-CSSA-SSSA, 677 S. **Anais...** Segoe Rd., Madison, WI 537111, USA., 1993.
- BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.D.; MARTÍNEZ, G.B.; ALVARENGA, R.C.; GALERANI, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n.46, v.10, 2011.
- BARCELLOS, A. O.; RAMOS, A. K. B.; VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína,

- nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira e Zootecnia**, v.37, suplemento especial, p. 51-67, 2008.
- BLAIR, R.M.; ALCANIZ, R.; HARREL, A. Shade Intensity influences the nutrients quality and digestibility of southern deer browse leaves. **Journal Range Manage**, v. 36, p.257-264, 1983.
- BORGES, E.P. História do processo Integração Agricultura-Pecuária. In: Manejo Integrado, Integração Agricultura-Pecuária. **Anais... Viçosa**, 2004. p.353 -384.
- BORGES, G.O. Sustentabilidade agrícola e o sistema plantio direto na palha. In: I Seminário sobre o sistema plantio direto na UFV. **Anais... Viçosa**, p.7-17. 1998.
- BOTELHO, S.A. **Espaçamento**. In: Scolforo, J. R. S. Manejo florestal. Lavras: UFLA/FAEPE, p. 381-405, 1998.
- BUDOWSKI, G. Aplicabilidad de los sistemas agroforestais In: SEMINÁRIO SOBRE PLANEJAMENTO DE PROJETOS AUTO-SUSTENTÁVEIS DE LENHA PARA AMÉRICA LATINA E CARIBE, 1991, Turrialba. **Anais ... Turrialba**: FAO, v.1, p.161-167. 1991.
- CANTARUTTI, R.B.; BODDEY, R.M. Transferência de nitrogênio das leguminosas para as gramíneas. In: Simpósio internacional sobre produção animal em pastejo, 1., 1997, Viçosa. **Anais... Viçosa**: José Alberto Gomide, 1997. p.431-445
- CARVALHO, M.M. Fixação biológica como fonte de nitrogênio para pastagens. In: Simpósio sobre calagem e adubação de pastagens,1., 1985, Piracicaba. **Anais... Piracicaba**: Potafós, 1986. p.125-143.
- CARVALHO, M.M. Utilização de sistemas silvipastoris. In: Favoretto, V.; Rodrigues, L. R. A.; Rodrigues, T. J. D. (Eds.). Ecosistema de pastagens, 3, 1997, Jaboticabal. **Anais... Jaboticabal**: FCAV/UNESP, p.164-207. 1997.
- CARVALHO, S.I.C.; VILELLA, L.; SPAIN, J.M.; KARIA, C.T. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk na região dos Cerrados. **Pasturas Tropicales**, v.12, n.2, p.24-28, 1990.

- CLUTTER, J.L. Compatible growth and yield models for lo bolly pine. **Forest science**, v.9, n.3, p.354-371, 1963.
- COBUCCI, T. Manejo integrado de plantas daninhas em sistema de plantio direto. In: Manejo Integrado Fitossanidade: cultivo protegido, pivô central e plantio direto. **Anais...** Viçosa: ZAMBOLIN, L. 2001. p.583-624. 2001.
- COSTA, N.L.; TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J.A.; et al., Métodos de introdução de *Pueraria phaseoloides* em pastagens degradadas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35. Botucatu 1998.
- CRUZ, G.M. Composition and potencial utilization of crop residues and forrages within the digestive tract of ruminants as predicted by laboratory technics. Iowa. 224 p. Thesis (Doctor of Philosophy) - Iowa State University, 1983.
- DA ROS, C. O. Plantas de cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio para o milho em plantio direto. Santa Maria, 1993, 85p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria.
- DAVIES, A.; THOMAS, H. Rates of leaf and tiller production in young spaced perennial ryegrass plants in relation to soil temperature and solar radiation. **Annals of Botany**, v.57, p.591-597, 1983.
- DIAS FILHO, M.B. Growth and biomass allocation of the C₄ grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n.12, p.2335-2341, 2001.
- DOLBERG, F. Progressos na utilização de resíduos de culturas tratadas com uréia-amônia. Implicações nutricionais e aplicação de tecnologia em pequenas propriedades. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Lavras, MG, 1992. *Anais..* Lavras: SBZ, p. 322-337.

- DUARTE J.M., PEREZ, H.E., PEXO, D.A., et al. Producción de maíz (*Zea mays* L.), soya (*Glycine max* L.) y caupi (*Vigna unguiculata*) sembrados en asociación con gramíneas en el trópico húmedo. **Pasturas Tropicales**, v.17:2, p. 12-19, 1995.
- FERREIRA, J.J. **Estágio de maturação ideal para ensilagem de milho e sorgo**. In: Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. (Eds.) CRUZ, C. C, et al.,CNPMS/EMBRAPA. 2001.
- FISHER, M. J.; RAO, I. M.; THOMAS, R. J. Nutrient cycling in tropical pasture, with special reference the neotropical savannas. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18, Winnipeg/ Saskato, 1997. **Proceedings...** Winnipeg/ Saskato: Association management centre, 1997. p.371-382.
- FRANK A.B.; HOFMAN L. Light quality and stem numbers in cool-season forage grasses. **Crop Science**, v.34, p.468-473, 1994.
- FREITAS, A. G.; WICHERT, M.C.P. **Comparação entre instrumentos tradicionais de medição de diâmetro e altura com o criterion 400**. Instituto de pesquisas e estudos florestais ISSN 0100-3453 (Circular técnica, 7). 1998.
- GARCIA, A. Alternative Forages for Dairy Cattle: Soybeans and Sunflowers. 2006. SDSU College of Agriculture & Biological Sciences publications Disponível em: <<http://agbiopubs.sdstate.edu/articles/ExEx4023.pdf>>. Acesso em: 13/10/2010.
- HEINRICHS, R.; AITA, C.; AMADO, T. J. C.; FANCELLI, A. L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho e sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 331-340, 2001.
- HENDERSON, M.S.; ROBINSON, D. L. Environmental influences on yield and *In vitro* true digestibility of warn-

- season perennial grasses and relationships to fiber components. **Agronomy Journal**, v. 74, p.943-946, 1982.
- HENDERSON, M.S.; ROBINSON, D.L. Environmental influences on fiber component concentrations of warm-season perennial grasses. **Agronomy Journal**, v. 74, p.573-579, 1982.
- KALDMÄE, H., KARIS, V., KÄRT, O. Results of determining the optimum time for ensiling. In. Conference Animal Nutrition. **Anais...** Tartu, p.88-95, 2000.
- KEPHART. K.D.; BUXTON, D.R. Forage quality responses of C₃ and C₄ perennial grasses to shade. **Crop Science**, v. 33, p.831-837, 1993.
- KEPHART. K.D.; BUXTON, D.R.; TAYLOR S.E. Growth of C₃ and C₄ perennial grasses in reduced irradiance. **Crop Science**, v. 32, p.1033-1038, 1992.
- KICHEL, A.N., MIRANDA, C.H.B., ZIMMER, A.H. Degradação de pastagens e produção de bovinos de corte com a integração agricultura x pecuária. In: I Simpósio de produção de gado de corte. **Anais...** Viçosa 1999. p.201-234.
- KING, K. F. S.; CHANDLER, T. **The easted lands**. Nairobi, ICRAF, 1978. 35p. LANDSBERG, J. J. & WARING, R. H. A generalised model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. **Forest Ecology and Management**, v.95, p.209-228, 1997.
- KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com Sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Eds.). **Integração lavoura-pecuária**. 1.ed. Goiânia: Talento, 2003. p.407-441
- KRUSCHEWSKY, G.C.; MACEDO, R.L.G.; VENTURIN, N.; OLIVEIRA, T.K.D. ARRANJO ESTRUTURAL E DINÂMICA DE CRESCIMENTO DE *Eucalyptus* ssp., EM SISTEMA AGROSSILVIPASTORIL NO CERRADO. **Cerne**, v.13, n.4, 2007.

- LAL, R. Myths and Scientific Realities of Agroforestry as a strategy for sustainable management for soils in the tropics. **Advances in Soil Science**, v.15, p.91-137, 1991.
- LEONEL F. P. Consórcio **capim-braquiária com milho ou soja: produção e composição químico-bromatológica das silagens**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 166p. (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- LEONEL, F. P. de; PEREIRA, J. C.; COSTA, M. G.; MARCO JUNIOR, P. de; SILVA, C. J. da; LARA, L. A.; RIBEIRO, M. D.; SILVA, J. C. da. Consórcio capim-braquiária e milho: produtividade das culturas e das características qualitativas das silagens feitas com plantas de diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.11, p.2031-2040, 2008.
- LEONEL, F. P. de; PEREIRA, J. C.; COSTA, M. G.; MARCO JUNIOR, P. de; SILVA, C. J. da; LARA, L. A.; SOUSA, D. P. de; SILVA, C. J. da. Consórcio capim braquiária e soja, produtividade das culturas e características qualitativas das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.11, p.2031-2040, 2008.
- LEONEL, F. P. de; PEREIRA, J. C.; COSTA, M. G.; MARCO JUNIOR, P. de; SILVA, C. J. da; LARA, L. A. Consórcio capim braquiária e milho: comportamento produtivo das culturas e características nutricionais e qualitativas das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.166-176, 2009.
- LEONEL, F.P.; PEREIRA, J.C.; COSTA, M.G. et al. Comportamento produtivo e características nutricionais do capim-braquiária cultivado em consórcio com milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.177-189, 2009.
- LEONEL, F.P.; PEREIRA, J.C.; COSTA, M.G. et al. Consórcio capim-braquiária e milho: comportamento produtivo das culturas e características nutricionais e

- qualitativas das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.166-176, 2009.
- MACDICKEN, K.G.; VERGARA, N.T. Agroforestry: classification and management. New York: **John Wiley e Sons**, 382 p., 1990.
- MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 133-146, (suplemento especial), 2009.
- MACEDO, R.L.G. Sustentabilidade dos sistemas agroflorestais recuperadores de áreas degradadas e conservadores da biodiversidade tropical. In: MACEDO, R.L.G. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA/Faepe, p.143-157, 2000.
- MARTINS, D. Comunidade infestante no consórcio de milho com leguminosas. **Planta Daninha**, v. 12, n.2, p. 100-105, 1994.
- MIRANDA, C. H. B., KICHEL, A. N., MACEDO, M. C. M. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens* com o cultivo simultâneo de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 1996, Fortaleza, **Anais...** Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p.75-77
- MIRANDA, C.H.B.; FERNANDES, C.D.; CADISCH, G. Quantifying the nitrogen fixed by *Stylosanthes*. **Pasturas Tropicais**, v.21, n.1, p.64-69, 1999.
- MURGUEITIO, E. Investigación participativa en sistemas silvopastoriles integrados: La experiencia de CIPAV en Colombia. **Taller Internacional Ganadería Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente**. La Habana, Cuba. 207p. 2003.
- NAVARRO-CHAVIRA, G.; McKERSIE, B.D. Growth, development and digestibility of guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) in two controlled environments differing in irradiance. **Tropical Agriculture**. v. 60, p.144-148, 1983.

- NUSSIO, L.G. Volumosos suplementares na produção de bovinos de corte em pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba, 2001. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p.253-275.
- OBEID, J. A.; GOMIDE, J. A.; CRUZ, M. E.; ZAGO, C. P.; ANDRADE, M. A. S. Silagem consorciada de milho (*Zea mays*, L.) com leguminosas: produção e composição bromatológica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 21, n. 1, p.33-38, 1992.
- OLIVEIRA, F.L.R.; LAZO, J.A.; SANTOS, L.D.T.; MACHADO, V.D.; SANTOS, M.V. **Integração lavoura-pecuária-floresta – Conceitos, componentes e possibilidades**. In: SANTOS, L.D.T.; SALES, N.L.P.; DUARTE, E.R.; OLIVEIRA, F.L.R.; MENDES, L.R. (Orgs.). Integração lavoura-pecuária-floresta: alternativa para produção sustentável nos trópicos. Montes Claros: Instituto de ciências agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, p. 9-27. 2010.
- OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L.P. **Sistema Barreirão: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais**. Goiânia: EMBRAPA-CNAPF-APA, 90p. 1996.
- OLIVEIRA, I.P.; ROSA, S.R.A.; KLUTHCOUSKI, J. **Palhada no Sistema santa Fé**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, Informações Agronômicas, v.93, 4p. 2001b.
- OLIVEIRA, T. K. **Sistema agrossilvipastoril com eucalipto e braquiária sob diferentes arranjos estruturais em área de Cerrado**. 2005. 150 p. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- OLIVEIRA, T.K.D.; MACEDO, R.L.G.; SANTOS, Í.P.A.D.; 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**, v.31, n.3, 2007.
- OLIVEIRA, T.K.D.; MACEDO, R.L.G.; VENTURIN, N.; HIGASHIKAWA, E.M. Desempenho Silvicultural e Produtivo de Eucalipto sob Diferentes Arranjos Espaciais em Sistema Agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.60, p.1-9. 2009.
- OWEN, E., VELAZQUEZ, J.E. O enfoque “pastejo” para ruminantes confinados alimentados com resíduos de culturas e outras forragens de baixa qualidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Lavras, MG, 29, 1992. *Anais...* Lavras: SBZ, p. 253 - 274, 1992.
- PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T.D.; FERNANDES, P.B.; MÜLLER, M.D.; PIRES, M.D.F.Á.; FERNANDES, E.N.; XAVIER, D.F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10. 2011.
- PAIVA, J.A.J. Níveis de amônia Anidra, Períodos de Amonização e de Aeração sobre a Composição Químico-Bromatológica e a Degradabilidade “In Situ” da Palhada de Milho (*Zea mays* L.). Viçosa, MG. 162p. Tese (Doutorado em Zootecnia) -Universidade Federal de Viçosa, 1992.
- PEREIRA, J.C.; ALMEIDA, M.S.; CECON, P.R. et al. Dinâmica da degradação ruminal por novilhos mantidos em pastagem natural em diferentes épocas do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.740-748, 2002.
- PORTES, T. A., CARVALHO, S. I. C., OLIVEIRA, I. P., KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35:7, p.1349-1358, 2000.
- PRESTON, T.R. Better utilization of crop residues and byproducts in animal feeding: research guidelines 2. A practical manual for research workers. S.I.. Food and

- Agriculture Organization of the United States Nations, 1986. 154p.
- QUEIROZ, D.S.; GOMIDE, J.A.; MARIA, J. Avaliação da folha e do colmo de topo e base de perfilhos de três gramíneas forrageiras. 1. Digestibilidade *in vitro* e composição química. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.53-60, 2000.
- QUEIROZ, L. R.; COELHO, F. C.; BARROSO, D. G.; GALVÃO, J. C. C. Cultivo de milho consorciado com leguminosas arbustivas perenes no sistema de aléias com suprimento de fósforo. **Revista Ceres**, v. 55, n. 5, p. 409-415. 2008.
- RAJCAN, I.; SWANTON, C. Understanding maize-weed competition: recourse competition, light quality and the whole plant. **Fields Crop Research**, v. 71, p. 139-150, 2001.
- RAO M.F. & MATHUVA, M. N. Legumes for improving maize yields and income in semi-arid Kenya. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 78: 123-137, 2000.
- REIS, R.A., COAN, R.M. Produção e utilização de silagens de gramíneas. In: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, Goiânia. **Anais...** Goiânia: III Simpósio Goiano sobre Manejo e Nutrição de Bovinos, 2001. p. 91-120, 2001
- RENSI COELHO, A.S.; MELLO, H.A.; SIMÕES, J.W. Comportamento de Espécies de Eucaliptos Face ao Espaçamento. **IPEF**. n.1. p.29-55. 1970.
- RESENDE, P. M.; SILVA, A . G. da; CORTE, E.; BOTREL, E. P., Consórcio sorgo-soja. v. Comportamento de híbridos de sorgo e cultivares de soja consorciados na entrelinha no rendimento de forragem. **Ciencia Rural**, v. 31, n. 3, 2001.
- ROHRIG, M.; STUTZEL, H. A model for light competition between vegetable crops and weeds. **European Journal of Agronomy**, v.14, p.13-29, 2001.
- SAMARAKOON, S.P.; SHELTON, H.M.; WILSON, J. R. Voluntary feed intake by sheep and digestibility of shaded *Stenotaphrum secundatum* and *Pennisetum clandestinum*

- herbage. **Journal Agricultural Science**, v.114, p.143-150, 1990a.
- SAMARAKOON, S.P.; SHELTON, H.M.; WILSON, J.R. Growth, morphology and nutritive quality of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum* herbage. **Journal Agricultural Science**, v. 114, p.161-169, 1990b.
- SILVA, A. G.; RESENDE, P. GRIS, C. F.; GOMES, L. L.; BOTREL, E. P. Consórcio sorgo-soja. IX. Influência de sistemas de cortes na produção de forragens de sorgo e soja consorciados na linha e de sorgo em monocultivo. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 27, n.2, p. 451-461, 2003.
- SOARES, AB.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P.F.; VARELLA, A.C.; FONSECA, L.; MEZZALIRA, J.C. Influência da Luminosidade no Comportamento de Onze Espécies. Forrageiras Perenes de Verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.443-451, 2009.
- STRUUK, P.C. The effect of short and long shading, applied during different stages of growth, on development, productivity and quality off forage maize (*Zea mays*). Neth. **Journal Agricultural Science**, v.31, p.101-124, 1983.
- TOWNSEND, C. R., COSTA, N. L., PEREIRA, R. G. Renovação de pastagens degradadas em consórcio com milho na Amazônia Ocidental. In: XVIII CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. 2000, Uberlândia, **Anais... ABMS**, (cd-rom).
- TREVIZOL JÚNIOR, T.L. **Análise de um modelo compatível de crescimento e produção em plantações de *Eucalyptus grandis*** (W. Hill ex- Maiden). 1985. 74p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG. 1985.
- VALERI, S.V.; POLITANO, W; SENO, K.C.A.; BARRETO, A.L.N.M. Manejo e recuperação Florestal. Jaboticabal, **Funep**, 180p. 2003.

- VAN SOEST, P.J. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2. ed. Corvalis, O. & B. Books, 1982. 374 p.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VILELA, L.; BARCELLOS, A. O. de, SOUSA, D. M. G. de. **Benefícios da Integração entre Lavoura e Pecuária**, Planaltina, DF: EMBRAPA CERRADOS, 2001. Documento 42, n.42, p.1-21. 2001.
- WILSON, J.R.; WONG, C.C. Effects of shade on some factors influencing nutritive quality of green panic and siratro pastures. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.33, p.937-949. 1982.
- ZIMMER, A.H.; EUCLIDES FILHO, K. As pastagens e a pecuária de corte brasileira. In: Simpósio internacional sobre produção animal em pastejo, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: José Alberto Gomide, p.349-379, 1997.

ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA PECUÁRIA DE CORTE EM SISTEMAS INTEGRADOS

Fernanda Helena Martins Chizzotti¹
Roberson Machado Pimentel¹
Mario Luiz Chizzotti¹

Introdução

Os sistemas produtivos enfrentam desafios para atender a crescente demanda de alimentos que devem coexistir com as pressões relacionadas às questões ambientais vinculadas ao uso da terra (FAO, 2009). Dessa forma, no cenário atual, a pecuária produzida de maneira extensiva é condenada sob o ponto de vista econômico e ambiental. Por isso, nos últimos anos, a atividade pecuária passa por transformações na busca por alternativas para aumentar sua eficiência produtiva e minimizar seus impactos negativos sobre o ambiente. Dentro desse contexto, Dias-Filho (2011) ressalta a importância de substituir a produção horizontal pela produção vertical na pecuária, ou seja, é necessário intensificar o sistema produtivo e, portanto, aumentar a produção sem que seja necessária a abertura de novas áreas.

Os novos sistemas produtivos devem evitar a substituição de áreas nativas por pastagens e mesmo assim garantir o fornecimento de alimentos. Para isso é necessário intensificar a produção pecuária e desenvolver tecnologias para se aplicar na recuperação das pastagens degradadas. Portanto, é prioridade em sistemas produtivos baseados na utilização de pastagens, que estas sejam adequadamente manejadas para assegurar a lucratividade do empreendimento pecuário, uma vez que existem pressões atribuídas às culturas em ascensão que podem substituir a atividade pecuária, além de supostas

¹ Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG

ameaças ambiental causada por emissão de gases de efeito estufa que são inerentes da exploração pecuária mal gerenciada.

Dessa forma, torna-se importante, para o Brasil como destaque no contexto da pecuária mundial, buscar alternativas produtivas para aumentar a eficiência de utilização de recursos no ecossistema das pastagens sem comprometer a produtividade e sustentabilidade do sistema. Essa questão se aplica, particularmente, nos países onde a pecuária predomina em sistemas produtivos baseados na utilização de pastagens onde pelo menos metade dessas áreas se encontra em algum estágio de degradação, por causa de falhas de manejo no estabelecimento e manutenção do pasto.

Como consequência desta situação é crescente as discussões no sentido de se buscar modelos alternativos de produção que sejam eficientes econômica e ambientalmente. Nesse sentido, uma das estratégias para beneficiar a atividade pecuária é a utilização de sistemas integrados.

Bovinos: causas e consequências das mudanças climáticas

O sistema de produção pecuário é responsável pela emissão dos principais gases associados ao efeito estufa, dentre os quais se destacam o CH_4 , N_2O e CO_2 . A emissão de CH_4 é consequência do processo fermentativo que ocorre no rúmen e também está associada ao manejo destinado aos dejetos dos bovinos. Da quantidade total de metano emitido pelo setor agropecuário, aproximadamente, 84,9% é referente ao gado bovino de corte (Brasil, 2010). O gás N_2O é formado através de processos de nitrificação e denitrificação, tendo sua principal origem pecuária na fertilização nitrogenada das pastagens, e principalmente, na deposição de urina do gado no solo. As emissões de N_2O oriundos dos animais em pastagem representaram, em 2005, 47,5% das emissões desse gás nos solos agrícolas, sendo os bovinos os maiores responsáveis por essa contribuição (Brasil, 2010). Dentre os gases de efeito estufa liberados pela atividade pecuária, o principal contribuinte para o aquecimento global é o CO_2 , devido as grandes quantidades liberados na atmosfera. A emissão de CO_2 ocorre por práticas de desmatamento e queimadas pela abertura de novas áreas, e manejo inadequado das forrageiras e do solo, que contribuem com perdas de matéria orgânica do solo.

Portanto, a pecuária se destaca por desempenhar importante papel no ciclo global do carbono e nitrogênio, sendo todo o setor responsável por contribuir com aproximadamente 9% da emissão total de CO₂, 37% da emissão de CH₄ e 65% da emissão de N₂O, que em conjunto respondem por 18% do aquecimento global gerado pelas atividades antrópicas em todo o mundo (Steinfeld & Wassenaar, 2007). No Brasil, o setor agropecuário têm contribuição muito mais acentuada na emissão gases do efeito, correspondendo a cerca de 75, 91 e 94% do total de emissões de CO₂, CH₄ e N₂O, respectivamente (Cerri & Cerri, 2007). Isso é reflexo, de extensas áreas ocupadas por lavouras e pastagens mal manejadas, aliado ao enorme contingente de bovinos no país. Por isso, os tradicionais sistemas de produção pecuários tornaram-se o centro de debate devido seus efeitos negativos no ambiente.

No último século, os aumentos das concentrações desses gases coincidem com os aumentos na temperatura média da terra superiores a 0,74 °C e com projeções que a temperatura se eleve entre 1,8 a 4 °C até o final desse século (IPCC, 2007). As mudanças climáticas previstas colocam em risco a segurança alimentar (disponibilidade, acessibilidade, utilização e estabilidade dos alimentos) em escala global, principalmente para países em desenvolvimento que estão situados na região tropical (FAO, 2009).

Nesse cenário, a produção pecuária será afetada pelas mudanças do clima. De acordo com Scholtz et al., (2013), os fatores climáticos que afetam diretamente os animais são, principalmente, as alterações na temperatura, radiação solar e umidade relativa do ar. Enquanto os efeitos indiretos são as mudanças na digestibilidade e ingestão do alimento, além da emergência de novas doenças e prevalência das doenças associadas a certos tipos de insetos e carrapatos que são adaptados a altas temperaturas.

Além dos possíveis efeitos das mudanças climáticas nos animais a comunidade de plantas pode ser drasticamente afetada pelos incrementos de CO₂ e temperatura no ambiente. DaMatta et al. (2010) menciona que os aumentos em produtividade esperados para as plantas devido as maiores concentrações de CO₂ na atmosfera podem ser anulados pelas altas temperaturas, que reduzem a capacidade fotossintética. Os autores também relatam que elevadas concentrações de CO₂ no ambiente diminuem a digestibilidade da

ferragem por ocasionar menores concentrações de proteína no tecido vegetal.

Perda de nutrientes no ambiente pastoril

A falta de reposição de nutriente e o pastejo excessivo ocasiona um desequilíbrio no ecossistema da pastagem. Nestas condições, a grande quantidade de animais e a falta de adubação diminuem a capacidade de suporte das pastagens em consequência da baixa eficiência na ciclagem de nutriente.

A pecuária, principalmente a de corte, é caracterizada pela baixa exportação de nutrientes na forma de produto animal. Nesses sistemas a quantidade de nutrientes retirados é pequena se comparada ao montante presente no solo. Porém, na medida em que se aumenta o número de animais em pastejo, ocorre grande concentração de excretas em locais restritos e isolados do pasto, que favorecem a translocação dos nutrientes para áreas com pouca ou nenhuma importância para produção, sendo este fato de grande relevância no processo de reciclagem de nutrientes nos ecossistemas de pastagens. Braz et al., (2003) quantificaram que a área coberta pelas placas de fezes cobre uma superfície muito pequena, representando apenas 0,81% da área total da pastagem. Boddey et al. (2004) concluem que altas taxas de lotação diminuem a reciclagem de nutrientes via serrapilheira e aumentam as perdas oriundas das excreções, principalmente do nitrogênio, devido a distribuição heterogênea e alta concentração de nutrientes presentes nas fezes e urinas.

Conforme pode-se observar, na Figura 1, o manejo do pastejo deve buscar equilíbrio na taxa de utilização do pasto. Conhecimentos técnicos, específicos para cada espécie ou cultivar, como altura do pasto e reposição de nutrientes aumentam a produção animal e a perenidade da gramínea. Além disso, o superpastejo pode aumentar as perdas de nutrientes por lixiviação e emissão na forma de gases, a exemplo do óxido nitroso (N_2O).

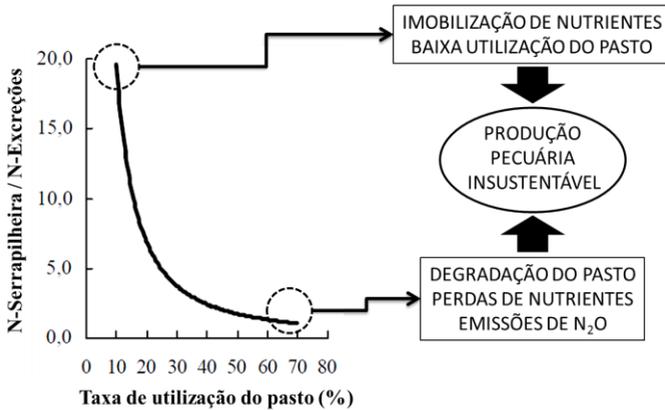


Figura 1. Razão entre a ciclagem de nitrogênio na serrapilheira e excreções em função da taxa de utilização do pasto e suas implicações ambientais e produtivas na pecuária.

As perdas de nutrientes ocorrem porque a capacidade do solo conservar o excesso de nitrogênio depositado através das fezes e urina é limitado. Dessa forma, as porções do solo que foram atingidas pelas excretas tendem a perder grandes quantidades de N por lixiviação (NO_3^-) ou emitido na forma de gases (NH_3 , NO , N_2O , N_2), ocasionando impactos econômicos e ambientais. Lessa et al., (2014) ao utilizar a técnica isotópica do nitrogênio marcado na urina observaram que 65% do N permaneceu no sistema, cerca de 30% foi perdido como amônia e os outros 5% foram emitidos como N_2O ou lixiviados. Porém, esses resultados podem ser diferentes em função da dieta animal, volume de urina excretada e condições microclimáticas (Sordi et al., 2014).

Para Luo et al., (2010), as altas taxas de emissões de N_2O verificadas em condição de pastejo estão associada a alta concentração de N presente nas excretas e, também, ao efeito do pisoteio animal que pode criar condições anaeróbicas que favorecem a formação desse gás. De acordo com esses autores, é preciso adotar ações múltiplas para mitigar o N_2O na pecuária, como por exemplo, selecionar plantas e animais mais produtivos, otimização na aplicação de fertilizantes nitrogenados, manipulação da dieta e respeitar a capacidade de suporte das gramíneas, em conjunto essas medidas auxiliam para aumentar a eficiência de uso do N. Além do mais, é preciso estabelecer fatores de emissão regionais para os gases

de efeito estufa associados a pecuária, visto que as emissões variam para as condições climáticas locais e podem ser influenciadas pelos componentes que integram o sistema.

Sistemas integrados

No século passado, sistemas integrados eram sinônimos de exploração extensiva, que se limitava a áreas pobres e desprovidas de alto nível tecnológico (Carvalho et al., 2010). No entanto, atualmente, os sistemas agropecuários passam por um período de transição, na qual os novos modelos de produção apontam que a diversificação de culturas na mesma área torna a atividade mais sustentável. Alguns autores (Carvalho et al., 2010) demonstram que a eficiência de utilização de recursos é otimizada quando se estabelece a consorciação de diferentes espécies em uma mesma área, o que possibilita a recuperação mais acelerada das áreas degradadas e eleva os estoques de carbono no ecossistema terrestre (Nair 2011).

Em qualquer ecossistema, existe interação entre os componentes que determinam sua produção primária. No caso dos sistemas integrados, a introdução de árvores, leguminosas ou lavouras em uma pastagem afeta diretamente os mecanismos envolvidos na formação e estabilização do carbono no solo, que em última análise está relacionado com o sequestro ou emissão de CO₂ para a atmosfera.

A diversificação de espécies e manejo conduzido na área altera a quantidade de nutrientes, umidade e temperatura do solo (Figura 2). Esses atributos combinados influenciam de maneira positiva ou negativa o aporte de carbono acima e abaixo do solo que será preservado nesse compartimento. Os sistemas que contemplam maior cobertura do solo e apresentam maior aproveitamento da radiação solar ao longo do tempo, a exemplo dos sistemas integrados, garantem maior eficiência de uso dos recursos disponíveis do ambiente e tem enorme potencial de elevar o conteúdo de carbono do solo.

No contexto das mudanças climáticas globais, o solo se destaca como o maior reservatório de carbono do ecossistema terrestre, com aproximadamente 1550 Pg de carbono, que corresponde ao dobro da quantidade desse elemento presente na atmosfera (780 Pg) e ao triplo do encontrado na biomassa dos organismos (550 Pg) (Lal, 2008). Dessa maneira, qualquer forma de utilização do solo que implique

em mudanças significativas nos seus estoques de carbono podem alterar os fluxos de CO₂ entre o solo e a atmosfera.

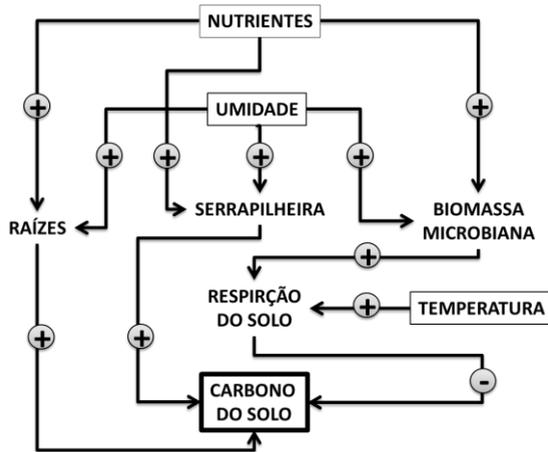


Figura 2. Interação das variáveis que aumentam (+) ou diminuem (-) a formação de carbono do solo (Adaptado: Fearnside & Barbosa, 1998)

Integração-Lavoura-Pecuária

A integração entre lavoura e pecuária vem sendo amplamente utilizada na recuperação de pastagens degradadas e caracterizada por constituir um mecanismo de desenvolvimento limpo. Apesar, de não ser uma tecnologia recente, esse modelo de produção ganhou novos adeptos que observaram os múltiplos benefícios desse sistema.

No início, o objetivo da integração lavoura pecuária era incentivar produtores a utilizar essa estratégia na recuperação de pastagens degradadas. Posteriormente, esses sistemas evoluíram e não se restringem apenas para recuperar áreas degradadas, visto os benefícios mútuos que existe da prática da agricultura e pecuária no mesmo local (Macedo, 2009). Hoje em dia, agricultura deixou de ser apenas o suporte para viabilização da pecuária e, dentro dos modelos atuais de integração, apresentam resultados semelhantes ou até melhores do que a prática da atividade isolada. Prova disso é que atualmente notamos que não só o pecuarista busca cada vez mais a agricultura, mas o agricultor busca a pecuária como complementação da sua atividade. Porém, ainda existem resistências por parte de alguns produtores em adotar pecuária e agricultura na mesma área,

por causa do pisoteio animal que pode alterar as propriedades físicas do solo, mas a compactação pode ser evitada pelo correto manejo dos animais.

Os sistemas de integração lavoura-pecuária, com manejo adequado das culturas e pastagens, podem proporcionar aumentos na produtividade de grãos, forragem, carne, leite e outros produtos. Estes aumentos, principalmente na recuperação de áreas degradadas ou pouco produtivas, contribuirão para evitar a abertura de novas áreas, com benefícios ambientais na proteção da vegetação nativa, na conservação do solo e nos recursos hídricos, além de benefícios socioeconômicos.

Além disso podem proporcionar aumentos nos teores de matéria orgânica e no sequestro de carbono do solo, principalmente quando com a utilização de leguminosas forrageiras em rotação. Os sistemas de ILP permitem a utilização mais racional de fertilizantes nitrogenados que reduzem as emissões de óxido nitroso. Igualmente esses sistemas permitem reduzir a idade de abate dos animais, com dietas apropriadas, reduzindo a emissão de metano contribuindo, desta forma, para mitigar a emissão de gases de efeito estufa na agropecuária.

Trabalhos conduzidos em sistemas de integração lavoura-pecuária por Souza et al. (2009) com diferentes intensidades de manejo da pastagem, demonstram que em lavouras de soja rotacionadas com pastagens de aveia preta e azevém mantidas em diferentes alturas de manejo, as menores intensidades de pastejo (20 e 40 cm de altura do pasto) promoveram aumento nos estoques de COS e NT do solo quando comparadas com altas intensidades de pastejo (10 cm). Manejo do pastejo que controle a intensidade e frequência de desfolhação aumenta a área foliar remanescente das plantas e a captura de CO₂ atmosférico (Soussana et al., 2010), resultando em maiores estoques de COS. Em experimento conduzido por Carvalho et al (2010) nos biomas Amazônia e Cerrado, foram constatados que a substituição de lavouras em monocultivo pela integração com pastagem foi uma opção estratégica para sequestrar o CO₂ atmosférico, em consequência da maior quantidade de biomassa produzida por unidade de área.

A presença do pasto em área de lavoura beneficia também as características físicas do solo que indiretamente aumentam os estoques de carbono no solo. Nos cultivos convencionais o uso

excessivo de grades, rompe os agregados do solo e, prejudica a conservação da matéria orgânica. Mas mesmo em sistemas de cultivo em que não há revolvimento constante do solo a presença da gramínea com sistema radicular vigoroso altera significativamente a formação e estabilização de agregados. Salton et al., (2008) constataram que sistemas de manejo do solo com pastagem permanente ou em rotação com lavoura de plantio direto favoreceram a formação de macroagregados estáveis, constatados pelos maiores valores do diâmetro médio ponderado. Nesse estudo, também foi verificado, relação direta entre a agregação e os estoques de carbono do solo em três localidades do Mata Grosso do Sul (Figura 3). Os agregados são estruturas importantes por manter a matéria orgânica do solo fisicamente mais protegida e inacessível aos microorganismos, o que garante maior permanência do carbono nesse sistema com implicações positivas como a menor emissão de CO_2 e melhoria da estrutura do solo.

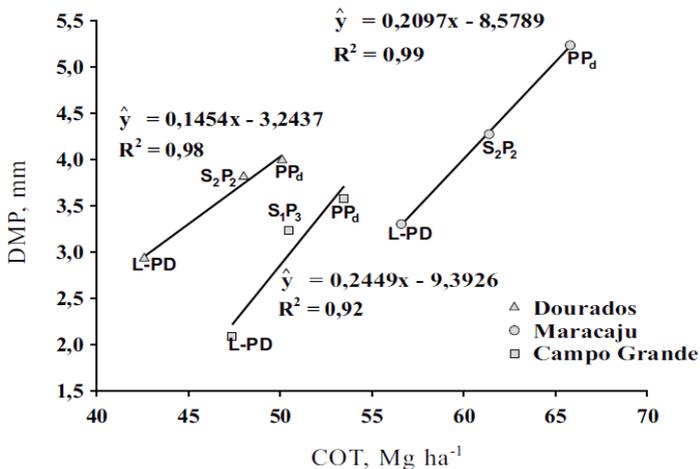


Figura 3. Relação entre o estoque de carbono orgânico do solo (COT) e o diâmetro médio ponderado de agregados estáveis em água (DMP), na camada de 0 a 20 cm de Latossolos sob sistemas de manejo em experimentos de longa duração em Dourados, Maracaju e Campo Grande, MS. L-PD: lavouras em plantio direto; S1P3: rotação soja por um ano – pastagem (*B.brizantha*) por 3 anos; S2P2: rotação soja por 2 anos – pastagem (*B. decumbens*) por 2 anos; PPd: pastagem permanente (*B. decumbens*). (Salton et al., 2008)

Com relação à fertilidade do solo as pastagens são amplamente beneficiada com a adoção da integração lavoura pecuária. As forrageiras destinadas à alimentação animal começam a ocupar solos de melhor aptidão agrícolas destinados as lavouras anuais de grãos. Alguns autores (Chan et al., 2010) observaram resposta positiva do aumento da fertilidade do solo em relação ao sequestro de carbono. Nessa pesquisa foi constatado que ao melhorar o manejo da pastagem com aplicação de uma fonte de fósforo, nutriente limitante nos solos da Austrália, observaram aumento de produtividade que refletiu em maiores aportes de carbono ao solo, tendo como consequência um sequestro de carbono de 9,9 t ha⁻¹.

Apesar de todas as possíveis vantagens do sistema de integração lavoura pecuária, existem algumas implicações que devem ser levadas em consideração como a escolha de combinações de culturas e pastagens ligadas aos interesses dos sistemas de produção em uso; o detalhamento de práticas agrícolas de manejo das culturas e animais; o aumento de complexidade do sistema, exigindo maior preparo dos técnicos e produtores envolvidos no sistema, aceitação da atividade pecuária por agricultores tradicionais e vice e versa, necessidade do conhecimento das interações entre solo, planta e animal, escolha de combinações de culturas e pastagens ligadas aos interesses dos sistemas de produção em uso, cuidados com compactação do solo.

Sistemas Agroflorestais

Os sistemas agroflorestais são mencionados por Nair (2011) como sendo possivelmente, a forma mais antiga de agricultura, na qual se concilia na mesma área árvore e culturas agrícolas. No princípio essa modalidade de uso da terra era restrita a pequenas propriedades rurais, no entanto nas últimas três décadas esses modelos tradicionais de integração começaram a ser reformulados nas regiões tropicais, e cada vez mais, conquista novos adeptos que vislumbram seus benefícios produtivos e ambientais.

A integração de árvores, culturas agrícolas e animais tem enorme potencial para aumentar a fertilidade do solo, reduzir a erosão, melhorar a qualidade da água, elevar a biodiversidade e sequestrar carbono (Nair et al., 2009). Jose (2009) reconhece que os serviços ambientais fornecidos pelas práticas agroflorestais ocorrem em escala regional e global. De acordo com esse autor os sistemas

agroflorestais beneficiam não apenas o proprietário da terra com o aumento da fertilidade do solo e diversificação dos produtos comercializados, mas a sociedade em geral que pode ser afetada por melhorias na qualidade do ar e da água, conservação da biodiversidade e sequestro de carbono.

Nair et al., (2009) estima que as áreas sob sistemas agroflorestais representam 1.023 milhões de hectares em todo o mundo com potencial de sequestrar 1.9 Pg de carbono nos próximos 50 anos. Considerando o potencial desses sistemas em reabilitar áreas degradadas de lavouras e pastagens os sequestros de CO₂ podem ser ainda maiores (Lal, 2004).

Dentro dessa modalidade de uso da terra destacam-se os sistemas silvipastoris que podem ser adotados como alternativa de recuperação de grandes áreas degradadas no país, e dessa forma diminuir a pressão para a abertura de novas áreas destinadas a produção de alimentos (Bernardino & Garcia 2009). A maior parte das pesquisas em sistemas silvipastoris avalia o desempenho de bovinos de leiteiros, poucos são os estudos que estudam as respostas em rebanhos de corte. Possivelmente, o foco inicial desse sistema era melhorar o conforto térmico dos animais menos adaptados às condições tropicais, especificamente as raças com aptidão leiteira mais especializadas. Bernardino et al. (2011) avaliando novilhos da raça Nelore em sistema silvipastoril com três ofertas de forragem e dois níveis de adubação constataram ganhos considerados moderados para animais pastejando *Brachiaria brizantha* em lotação contínua.

Os sistemas silvipastoris apresentam vantagens no sequestro de carbono devido ao grande volume de biomassa acumulado na parte aérea e através do sistema radicular do componente arbóreo e sub-bosque. Sharrow & Ismail (2004) ao avaliarem todos os compartimentos do sistema que contem carbono, observaram que o sistema silvipastoril apresentou estoques de carbono superior aos encontrados nos sistemas produtivos em monocultivo (Tabela 1). Esses autores atribuem essa resposta à combinação entre o grande potencial das árvores e das gramíneas estocarem carbono acima e abaixo do solo, respectivamente.

Tabela 1. Conteúdo de carbono nos compartimentos do pasto, floresta e silvipastoril

| Compartimento | Pasto | Floresta | Silvipastoril |
|---------------|--------------------------|-----------|---------------|
| | C (kg ha ⁻¹) | | |
| Árvore | 0 | 6.949 b | 12.239 a |
| Sub-bosque | 1.003 b | 2.231 a | 1.168 b |
| Solo | 102.520 a | 91.939 b | 95.886 ab |
| Total | 103.523 b | 101.119 b | 109.293 a |

Médias seguidas da mesma letra na não diferem estatisticamente pelo teste Student- Newman-Kehuls (P<0.05) (Adaptado: Sharrow & Ismail, 2004)

Haile et al., (2008) ao comparar monocultivo de pastagem com silvipastoril encontraram aumentos significativos de carbono no solo, que não se restringiu apenas as camadas superficiais. Nesse estudo, também foi concluído que parte desse carbono acumulado no solo do sub-bosque esta associado à fração silte mais argila, que representa a porção mais recalcitrante a decomposição pelos microorganismos.

Essas recentes acumulações de evidencias dos serviços ambientais aliados aos ganhos produtivos ajudam a promover os sistemas agroflorestais como parte integrante dos novos modelos pecuários.

Pastagens Consorciadas

A pequena tradição no uso de leguminosas forrageiras tropicais, combinada com sua baixa persistência nos consórcios com gramíneas, restringe a disseminação dessa tecnologia. A falta de informações sobre seu manejo ainda permanece como desafios às instituições de pesquisa para transferência de tecnologias efetiva que consolide a adoção dessa tecnologia (Barcellos et al., 2008). A capacidade de acúmulo de carbono em sistemas exclusivos de gramíneas é limitada pela deficiência de nutrientes no solo e, especialmente, e pela baixa disponibilidade de nitrogênio em função da baixa taxa de mineralização. Estudos comparativos em áreas de pastagens exclusivas de gramíneas e consorciadas com leguminosas indicaram aumentos significativos nos estoques de carbono em presença da leguminosa.

Tarré et al., (2001) desenvolveram estudo com *Brachiaria humidicola* em monocultivo e consorciada com *Desmodium ovalifolium* e verificaram que ocorreu incrementos de carbono e

nitrogênio no solo na presença da leguminosa, principalmente nas camadas mais superficiais. Lok et al., (2013) realizaram experimento comparativo para avaliar os estoques de carbono em áreas de pastagem exclusiva de gramíneas e consorciadas com leguminosas arbóreas ou herbáceas (Figura 4). Pelos resultados obtidos os autores recomendam a diversificação das espécies na mesma área como alternativa de incrementar os estoques de carbono do solo.

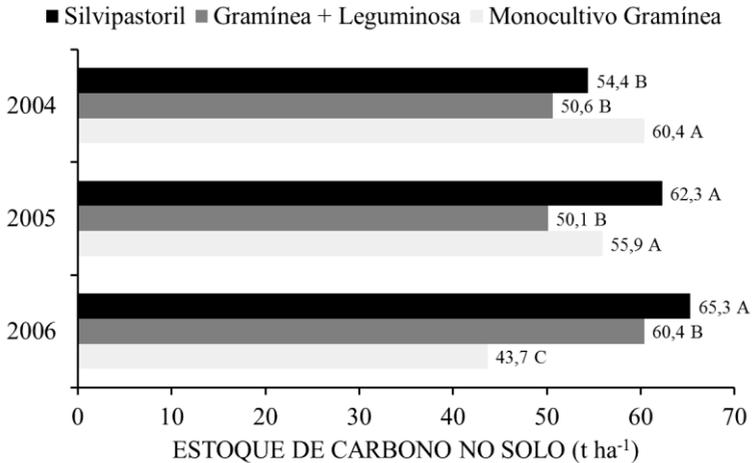


Figura 4. Dinâmica do estoque de carbono no solo na camada de 0-45 cm de profundidade em sistemas integrados e monocultivo (Adaptado: Lok et al., 2013)

Pimentel (2012) avaliou a evolução dos estoques de carbono e nitrogênio em áreas submetidas por longo período sob plantio convencional de milho após sua substituição por pastagens de *Brachiaria brizantha* em consórcio com diferentes leguminosas. Nesse estudo, foi constatado maior potencial de recuperação dos estoques em pastagens consorciadas com *Arachis pintoi*.

Outros estudos, no entanto, demonstram que a utilização de pastagens consorciadas com gramíneas não garante maior sequestro de carbono no solo. Mosquera et al. (2012) afirma que o estabelecimento de pastagem de *Brachiaria humidicola* em monocultivo foi mais efetivo em recuperar os estoques de carbono do solo em pastagens degradadas do que seu consórcio. Essas observações confirmam que o manejo atribuído ao solo e a forrageira

é mais importante em diminuir os gases causadores do efeito estufa do que simplesmente a forma de uso da terra.

Manejo do pasto e os gases do efeito estufa

O tipo de exploração e o manejo estabelecido na área podem alterar drasticamente os fluxos de carbono entre o solo e a atmosfera. Estudo de metanálise sobre estoques de carbono orgânico do solo (COS) e mudanças de uso da terra desenvolvidos por Guo & Gifford (2002), com dados da literatura mundial, evidenciam que a mudança de lavoura para pastagem aumenta, em média, 19% o estoque de COS, enquanto a mudança de floresta para pastagem eleva este estoque em 8%. Porém, na literatura nacional a substituição de florestas nativas por pastagem cultivada encontra evidências contraditórias em relação ao acúmulo de COS. Alguns autores apontam estoques iguais ou superiores sob pastagem (Schwendenmann & Pendall, 2006; Maquere et al., 2008; Desjardins et al., 2004; Salton et al., 2011), enquanto outros observam perdas em relação à vegetação nativa (Maia et al., 2009; Carvalho et al., 2009; Cardoso et al., 2010). Pesquisas conduzida por Maia et al. (2009), em 63 observações distribuídas nos estados de Rondônia e Mato Grosso, apontam que medidas de manejo da pastagem como, por exemplo, pressão de pastejo moderada, fertilização, irrigação, sistemas consorciados e escolha de variedades mais produtivas, asseguram maiores estoques de C no solo, independente dos tipos de solo em estudo.

Follet e Schuman (2005), em estudo distribuído por várias regiões do mundo, verificaram que o aumento da produção de carne por área está associado a um maior sequestro de COS. Isso ocorre porque sistemas pecuários baseados em pastagem precisam melhorar o manejo das forrageiras para serem mais produtivos.

Na Tabela 3 apresentam-se dados da variação dos estoques de COS e emissão ou sequestro de CO₂ com a substituição de mata nativa por pasto em diferentes condições de manejo. A caracterização do manejo do pasto foi baseada em três categorias: bom, regular e ruim. Dentro desse contexto, manejo bom do pasto significa adubação e calagem dos solos, baseadas em análises prévias e adoção de sistemas de pastejo, que não ultrapasse a capacidade de suporte da pastagem. A categoria de manejo regular do pasto é representada por áreas que realizam adubações esporádicas e sem

controle definido do número de animais em pastejo, mas sem a percepção visual de sinais de degradação. O manejo ruim do pasto foi selecionado para as áreas de pastagem sem critério estipulado para adubação ou número de animais e que apresentam solo exposto ou grande infestação de plantas invasoras.

De maneira geral, observa-se resposta diferenciada do manejo do pasto no fluxo de carbono para o solo. Na maioria dos estudos os pastos com bom manejo apresentaram sequestro de carbono, nas pastagens que tiveram manejo regular foram observados resultados conflitantes entre sequestro e emissão de CO₂ e nas áreas com manejo ruim foram caracterizados emissões de CO₂ na maioria dos estudos (Tabela3).

Tabela 2. Variação dos estoques de carbono e emissão ou sequestro de CO₂ no solo com a substituição de mata nativa por pasto em diferentes condições de manejo.

| Referencia | Tempo (anos) | Profundidade (cm) | Manejo do Pasto | Pastagem | Mata | Emissão (-) |
|------------------------|-----------------|----------------------|--------------------|-------------------------------------|--------|---|
| | | | | Estoque de C (Mg ha ⁻¹) | Nativa | /Sequestro (+) CO ₂ (t ha ⁻¹) |
| Salton et al. (2011) | - | (0-20) | Bom | 58,6 | 54 | +16,882 |
| | 4 | (0-30) | Bom | 33,49 | 35,21 | -6,3124 |
| Maia et al. (2009) | 17 | (0-30) | Bom | 75,06 | 67,14 | +29,0664 |
| | 12 | (0-30) | Bom | 55 | 46,79 | +30,1307 |
| | 2 | (0-30) | Bom | 60,99 | 55,14 | +21,4695 |
| Costa et al. (2009) | 9 | (0-30) | Bom | 61,03 | 55,14 | +21,6163 |
| | 18 | (0-30) | Bom | 55,44 | 55,14 | +1,101 |
| Viana et al. (2011) | 10 | (0-10) | Regular | 16,6 | 17,8 | -4,404 |
| | 11 | (0-30) | Regular | 65,8 | 56,3 | +34,865 |
| Carvalho et al. (2010) | 15 | (0-30) | Regular | 61,2 | 56,3 | +17,983 |
| | 21 | (0-30) | Regular | 72,3 | 75,4 | -11,377 |
| | 25 | (0-30) | Regular | 31,93 | 35,44 | -12,8817 |
| Maia et al. (2009) | 10 | (0-30) | Regular | 57,68 | 46,79 | +39,9663 |
| Rangel & Silva (2007) | 15 | (0-40) | Regular | 94,6 | 90,6 | +14,68 |
| Freitas et al. (2000) | > 15 | (0-40) | Regular | 74,2 | 81,9 | -28,259 |

Continua...

Continuação...

| | | | | | | |
|----------------------------|------|--------|------|-------|-------|-----------|
| Ramos et al. (2013) | 15 | (0-20) | Ruim | 62 | 76,88 | -54,6096 |
| Guareschi et al. (2012) | 20 | (0-20) | Ruim | 28,27 | 67,74 | -144,8549 |
| Muniz et al. (2011) | - | (0-10) | Ruim | 7,94 | 14,03 | -22,3503 |
| Costa Junior et al. (2011) | 20 | (0-20) | Ruim | 37,08 | 46,34 | -33,9842 |
| Carvalho et al. (2010) | 10 | (0-30) | Ruim | 57,1 | 74,1 | -62,39 |
| | 13 | (0-30) | Ruim | 54,3 | 74,1 | -72,666 |
| Cardoso et al. (2010) | 27 | (0-40) | Ruim | 41,64 | 61,72 | -73,6936 |
| | 26 | (0-40) | Ruim | 18,57 | 27,2 | -31,6721 |
| Frazão et al. (2010) | 22 | (0-10) | Ruim | 6 | 7,31 | -4,8077 |
| | 15 | (0-30) | Ruim | 38,05 | 46,52 | -31,0849 |
| Maia et al. (2009) | 10 | (0-30) | Ruim | 28 | 38,49 | -38,4983 |
| | 14 | (0-30) | Ruim | 30,57 | 36,06 | -20,1483 |
| Junior et al. (2009) | 2 | (0-10) | Ruim | 35,2 | 33,4 | +6,606 |
| | 7 | (0-10) | Ruim | 40 | 33,4 | +24,222 |
| | 12 | (0-10) | Ruim | 41,9 | 33,4 | +31,195 |
| Costa et al. (2009) | 18 | (0-30) | Ruim | 44,98 | 55,14 | -37,2872 |
| Portugal et al. (2008) | 20 | (0-20) | Ruim | 329,2 | 372,7 | -159,645 |
| Neves et al. (2004) | > 11 | (0-40) | Ruim | 52,2 | 62,4 | -37,434 |
| Freitas et al. (2000) | > 10 | (0-40) | Ruim | 71,1 | 81,9 | -39,636 |
| Fernandes et al. (1999) | 10 | (0-40) | Ruim | 19 | 21,8 | -10,276 |
| | 20 | (0-40) | Ruim | 15,7 | 21,8 | -22,387 |

Para analisar a variação dos estoques de COS o manejo da área não é a única variável envolvida o período de tempo no qual o pasto é classificado quanto ao seu manejo é um fator importante a ser considerado na avaliação dos estoques de carbono. Por exemplo, nos estudos de Maia et al., (2009), o adequado manejo do pasto de apenas 4 anos, pode não ter sido suficiente para aumentar os estoques de COS. Outro fator importante, que pode mascarar os efeitos do manejo sobre a dinâmica do carbono no solo é a alta fertilidade natural do solo. Sob estas condições o manejo inadequado da pastagem reduz a produção e/ou utilização da forrageira de interesse, mas mesmo assim pode produzir grande quantidade de biomassa de plantas invasoras, o que não significa necessariamente perda de carbono do sistema. Nesse sentido, os resultados encontrados por Junior et al., (2009), demonstram que área de pasto manejadas sem aplicação de corretivos e fertilizantes podem estocar quantidades superiores de COS em relação a mata nativa. Nessa pesquisa, foram observados incrementos no sequestro de CO₂ com o tempo de utilização de pastagem, mesmo que estas tivessem manejo inadequado. Possivelmente, os nutrientes disponibilizados pelo solo ainda não limitam a produção vegetal e, também, apesar de não haver controle definido da taxa de lotação a quantidade de animais em pastejo era pequena, próximo a 1 UA ha⁻¹.

Qualidade da forragem em sistemas integrados

Além dos benefícios no sequestro de carbono, os sistemas integrados, tem a capacidade de alterar o valor nutricional da forragem com reflexos diretos sobre a produtividade animal e emissão de gases do efeito estufa. Dietas com maior valor nutritivo implicam em maior desempenho animal que resulta em menores emissões por quantidade de produto.

As leguminosas forrageiras, participando da dieta animal, contribuem para incrementar o ganho em peso através do maior aporte de nutrientes à dieta e propiciam melhoria de parâmetros ruminais podendo reduzir a metanogênese. Compostos associados às leguminosas forrageiras, como os taninos, podem ter ação benéfica na produção de metano. Espécies como *Leucaena*, cujas concentrações de taninos condensados é elevada, propiciaram a redução na emissão de metano (Possenti, 2006).

No caso dos sistemas silvipastoris, a sombra favorece ao aumento da disponibilidade de nitrogênio no solo pela maior ciclagem de nutrientes, o que pode resultar em aumento no teor de proteína nas gramíneas. Paciullo et al. (2007) observaram maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca em folhas de *B. decumbens* sombreadas e atribuíram essa resposta aos maiores teores de proteína e menores de fibra. Contudo, as plantas do sub-bosque nem sempre apresentam esse mesmo comportamento que pode variar com o nível de sombreamento, condições climáticas, espécie avaliadas e manejo.

Considerações finais

A complexidade das interações entre os componentes do sistema integrado requer o desenvolvimento da pecuária a partir da aplicação de conhecimentos multidisciplinares. O aumento na eficiência de utilização de recursos, através dos sistemas integrados, tem como consequência melhoria nos aspectos produtivos e ambientais. Por isso, os sistemas integrados tem enorme potencial para consolidar na exploração pecuária de forma definitiva à medida que as pesquisas demonstram seus múltiplos benefícios, e concomitantemente, ocorrem avanços no manejo, cada vez mais específico, para essa modalidade de uso da terra.

Referências bibliográficas

- BARCELLOS, A. D. O., RAMOS, A. K. B., VILELA, L., JUNIOR, M., & BUENO, G. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, suplemento especial, p. 51-67.,2008.
- BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas Silvipastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p.77-87, 2009.
- BERNARDINO, F. S., TONUCCI, R. G., GARCIA, R., NEVES, J. C. L., ROCHA, G. C. Produção de forragem e desempenho de novilhos de corte em um sistema silvipastoril: efeito de doses de nitrogênio e oferta de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.7, p.1412-1419, 2011.
- BODDEY, R.M.; MACEDO, R.; TARRÉ, R.M.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O.C. de; REZENDE, C. de P.; CANTARUTTI, R.B.; PEREIRA, J.M.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. Nitrogen cycling in Brachiaria pastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.103, p.389-403, 2004.
- BRAZIL. Second National Communication of Brazil to the United Nations Frame-work Convention on Climate Change. Ministry of Science and Technology, Brasilia, 2010.
- CARDOSO, E. L., SILVA, M. L. N., SILVA, C. A., CURI, N., & FREITAS, D. D. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.45, p. 1028-1035, 2010.
- CARVALHO, J. L. N., RAUCCI, G. S., CERRI, C. E. P., BERNOUX, M., FEIGL, B. J., WRUCK, F. J., & CERRI, C. C. Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil C stocks in Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.110, n.1, 175-186, 2010.
- CERRI, C.C. & CERRI, C.E.P. Agricultura e aquecimento global. **Boletim Informativo. SBCS**, v.23, p. 40-44, 2007.
- COSTA JUNIOR, C.; PICCOLO, M. C.; NETO, M. S.; CAMARGO, P. B.;(5), CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono total e $\delta^{13}C$ em agregados do solo sob vegetação nativa e

- pastagem no bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.35, p. 1241-1252, 2011
- COSTA, O. V.; CANTARUTTI, R. B.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M.; NACIF, P. G. S.; FARIA, J. C. Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de tabuleiro costeiro no sul da bahia. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.33, p. 1137-1145, 2009
- DAMATTA, F. M., GRANDIS, A., ARENQUE, B. C., BUCKERIDGE, M. S. Impacts of climate changes on crop physiology and food quality. **Food Research International**, v.43, n.7, p.1814-1823, 2010.
- DESJARDINS, T.; BARROS, E.; SARRAZIN, M.; GIRARDIN, C. & MARIOTTI, A. Effects of forest conversion to pasture on soil carbon content and dynamics in Brazilian Amazonia. **Agriculture Ecosystem Environment**, v.103, p.365-373, 2004.
- DIAS FILHO, M.B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.243-252, 2011.
- FAO. The state of food insecurity in the world: high food prices and food security threats and opportunities. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 2009.
- FEARNSIDE, P.M., BARBOSA, R.I. Soil carbon changes from conversion of forest to pasture in Brazilian Amazonia. **Forest Ecology & Management**, v. 108, p.147–166, 1998
- FOLLETT, R.F. & SCHUMAN, G.E. (2005). Grazing land contributions to carbon sequestration. **International Grassland Congress**, Belfast, Ireland, 2005. In: McGilloway, D. A. Grazingland: a global resource. Wageningen, The Netherlands Wageningen Academic Publishers, 266–277, 2005.
- FRAZÃO, L. A.; SANTANA, I. K. S.; CAMPOS, D. V. B.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C. Estoques de carbono e nitrogênio e fração leve da material orgânica em Neossolo Quartzarênico sob uso agrícola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.10, p.1198-1204, 2010.
- FERNANDES, F. A.; CERRI, C. C.; FERNANDES, A. H. B. M. Alterações na matéria orgânica de um podzol hidromórfico pelo uso com pastagens cultivadas no pantanal mato-grossense.

- Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.10, p.1943-1951, 1999.
- FREITAS, P. D., BLANCANEUX, P., GAVINELLI, E., LARRE-LARROUY, M. C., & FELLER, C.. Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.1, 2000.
- GUARESCHI, R. F., PEREIRA, M. G., PERIN, A. Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoques de Carbono e Nitrogênio e Fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no cerrado Goiano. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.36, n.3, p.909-920, 2012.
- GUO, L.B.; GIFFORD, R.M. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. **Global Change Biology**, v.8, p.345-360, 2002.
- HAILE, S. G., NAIR, P. K., NAIR, V. D. Carbon storage of different soil-size fractions in Florida silvopastoral systems. **Journal of environmental quality**, v.37, n.5, p. 1789-1797, 2008.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC**. Climate change. Fourth Assessment Report on climate change impacts, adaptation and vulnerability of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Cambridge University, 2007. 939p, 2007.
- MÁRIO LOPES DA SILVA JÚNIOR, M. L. S.; DESJARDINS, T.; SARRAZIN, M.; MELO, V. S.; MARTINS, P. F. S.; SANTOS, E. R.; CARVALHO, C. J. R. Carbon content in amazonian oxisols after forest conversion to pasture. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.33, p.1603-1611, 2009
- LAL, Rattan. Sequestration of atmospheric CO₂ in global carbon pools. **Energy & Environmental Science**, v. 1, n. 1, p. 86-100, 2008.
- LESSA, A. C. R., MADARI, B. E., PAREDES, D. S., BODDEY, R. M., URQUIAGA, S., JANTALIA, C. P., & ALVES, B. J. Bovine urine and dung deposited on Brazilian savannah pastures contribute differently to direct and indirect soil nitrous oxide emissions. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.190, p.104-111, 2014.
- LOK, S., FRAGA, S., NODA, A., GARCÍA, M. Soil carbon storage in three tropical bovine cattle systems under exploitation. **Cuban Journal of Agricultural Science**, v.47, n.1, 2013.

- LUO, J., DE KLEIN, C. A. M., LEDGARD, S. F., & SAGGAR, S. Management options to reduce nitrous oxide emissions from intensively grazed pastures: a review. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.136, n.3, p. 282-291, 2010.
- MACEDO, Manuel Claudio Motta. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 133-146, 2009.
- MAIA, S. M., OGLE, S. M., CERRI, C. E., & CERRI, C. C. Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondônia and Mato Grosso states, Brazil. **Geoderma**, v.149, n.1, p.84-91, 2009.
- MAQUERE, V.; LACLAU, J.P.; BERNOUX, M.; SAINT-ANDRE, L.; GONÇALVES, J.L.M.; CERRI, C.C.; PICCOLO, M.C.;RANGER, J. Influence of land use (savana, pasture, eucalyptus plantations) on soil carbon and nitrogen stocks in Brazil. **European Journal of Soil Science.**, v.59, p.863-877, 2008.
- MUNIZ, L.C.; MADARI, B. E.; TROVO, J. B. F.; CANTANHÊDE, I. S. L.; MACHADO, P. L. O. A.; COBUCCI, T.; FRANÇA, A. F. S. Soil biological attributes in pastures of different ages in a crop-livestock integrated system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, Brasília, v.46, n.10, p.1262-1268, 2011
- NAIR, P. K. Agroforestry systems and environmental quality: introduction.**Journal of environmental quality**, v. 40, n. 3, p. 784-790, 2011.
- NAIR, P. K.; MOHAN KUMAR, B.; NAIR, V. D. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **Journal of plant nutrition and soil science**, v. 172, n. 1, p. 10-23, 2009.
- NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; MACEDO, R. L. G.; TOKURA, A. M. Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do estado de minas gerais. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1038-1046, 2004.
- PACIULLO, D. S. C., CARVALHO, C. D., AROEIRA, L. J. M., MORENZ, M. J. F., LOPES, F. C. F., ROSSIELLO, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural ea sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 4, p. 573-579, 2007.

- PIMENTEL, R. M. **Estoques de carbono orgânico e nitrogênio do solo em um latossolo sob pastagem consorciada em Lavras-MG**, 2012. 104f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras 2012.
- PORTUGAL, A. F.; JUCKSCH, I.; SCHAEFER, C. E. G. R.; WENDLING, B. Determinação de estoques totais de carbono e nitrogênio e suas frações em sistemas agrícolas implantados em argissolo vermelho-amarelo **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.32, p.2091-2100, 2008.
- POSSENTI, R. **Efeitos de dietas de *Leucaena leucocephala* com ou sem adição de *Sacharomyces cerevisiae* na digestão, fermentação, protozoários e produção de metano no rumem em bovinos**. 98 f. Tese (Doutorado). Pirassununga, USP, 2006.
- RAMOS, D. D.; SILVA, E. F.; ENSINAS, S. C.; SOUZA, N. H.; POTRICH, D. C.; FREITAS, M. E.; FORMAGIO1, A. S. N.; VIEIRA, M. C. Estoques de carbono e nitrogênio totais nas substâncias húmicas do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 2219-2228, 2013
- RANGEL, O.J.P. & SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.31, p.1609-1623, 2007.
- SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH, D.L. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1349-1356, 2011.
- JÚLIO CESAR SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; CARVALHO, A. F.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 11-21, 2008.
- SCHOLTZ, M. M., MCMANUS, C., LEEUW, K. J., LOUVANDINI, H., SEIXAS, L., MELO, C. D., NESER, F. W. C. The effect of global warming on beef production in developing countries of the southern hemisphere. **Natural Science**, v.5, n.1, p.106-119, 2013.

- SHARROW, S. H.; ISMAIL, Syed. Carbon and nitrogen storage in agroforests, tree plantations, and pastures in western Oregon, USA. **Agroforestry Systems**, v. 60, n. 2, p. 123-130, 2004.
- SHIBU, J. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. **Agroforestry Systems**, v. 76, n. 1, p. 1-10, 2009.
- SORDI, A., DIECKOW, J., BAYER, C., ALBURQUERQUE, M. A., PIVA, J. T., ZANATTA, J. A.; MORAES, A. Nitrous oxide emission factors for urine and dung patches in a subtropical Brazilian pastureland. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.190, p.94-103, 2014.
- SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G. de A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C. de F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. v.33, p.1829-1836, 2009.
- SOUSSANA J. F., TALLEC T., BLANFORT V. Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. **Animal**, Cambridge, 2010 4:334–350.
- STEINFELD H; WASSENAAR T. The role of livestock production in carbono and nitrogen cycles. **Annual Review of Environmental Resources** 32:271-294, 2007.
- SCHWENDENMANN & PENDALL. Effects of forest conversion into grassland on soil aggregate structure and carbon storage in Panama: evidence from soil carbon fractionation and stable isotopes. **Plant Soil**, v.288, p.217-232, 2006.
- TARRE´, R., MACEDO, R., CANTARUTTI, R.B., DE REZENDE, C.P., PEREIRA, J.M., FERREIRA, E., ALVES, B.J.R., URQUIAGA, S., BODDEY, R.M. The effect of the presence of a forage legume on nitrogen and carbon levels in soils under Brachiaria pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Plant Soil**, v.234, p.15–26, 2001.
- VIANA, E. T.; BATISTA, M. A.; TORMENA, C. A.; COSTA, A. C. S.; INOUE, T. T. Atributos físicos e carbono orgânico em latossolo vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.35, p.2105-2114, 2011

ZONEAMENTO DE RISCO EDÁFICO DE OCORRÊNCIA DA SMB NAS ÁREAS ANTROPIZADAS DO MATO GROSSO.



Celso Vainer Manzatto¹
Sandro Eduardo Marschhausen Pereira²
Bruno Carneiro e Pedreira³

Introdução

A Amazônia Legal possui cerca de 56 milhões de hectares sob pastagem, com predomínio de gramíneas forrageiras de origem africana. Os impactos ambientais e socioeconômicos desta atividade decorrentes principalmente da conversão de extensas áreas de florestas com alta biodiversidade, em ecossistemas homogêneos de pastagens, formadas com a gramínea *Brachiaria* sp., tem sido objeto de controvérsias como registrados por Faminow, (1998); Hecht, (1982); Smith et al., (1995); Valentim, (1989); Valentim & Vosti, (2000); Vosti et al., (2000).

Nos últimos 25 anos a espécie forrageira mais plantada nesta região foi a gramínea *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, lançada pela Embrapa em 1984. Esta cultivar requer solos profundos, com boa drenagem no perfil e fertilidade média a alta, para garantir um bom estabelecimento e persistência da pastagem, com alta produtividade de forragem de boa qualidade. Esta gramínea se adapta a solos arenosos e argilosos, com acidez moderada, porém, não tolera condições de encharcamento. Dias Filho & Carvalho (2000) e Dias Filho (2005) relatam a intolerância de *Brachiaria brizantha* a solos sujeitos ao alagamento temporário, apresentando redução de 89% na fotossíntese líquida e de 40% na alocação de carbono para as raízes.

¹ Pesquisador, Dr. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariuna, SP

² Analista, Dr. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariuna, SP

³ Pesquisador, Dr. Embrapa Agrossilvipastoril. Sinop, MT

Segundo Valentim et al. (2000) e Dias Filho (2005a), em 1994, agricultores do estado do Acre começaram a observar que pastagens de *B. brizantha* estavam morrendo de forma espontânea. A partir de 1998, as áreas afetadas pelo problema no estado passaram a se expandir rapidamente, causando a degradação total dos pastos de algumas propriedades (Valentim et al., 2000 e Valentim et al., 2002).

Com base em observações de campo, Valentim et al. (2000) realizaram um zoneamento de risco edáfico atual e potencial de morte de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no Acre, tomando como referência fisiográfica o Mapa Pedológico do Acre (Amaral et al., 2000) e como atributos limitantes a permeabilidade e o caráter plúntico. Neste trabalho, concluíram que apenas 19,6% da área total do Estado do Acre possuíam solos com características morfológicas adequadas às exigências da gramínea, utilizando três categorias de risco.

No Estado do Mato Grosso, Valério et al. (2000) realizaram expedição de campo para avaliar os relatos de morte do Marandu. Constataram que os raros casos de morte desta gramínea na região estavam restritos a pequenas áreas dentro das pastagens, sendo o excesso de umidade, em alguns casos (Tangará da Serra e Sinop) e estresse hídrico, em outro (Chapada dos Guimarães), foram as causas dos casos de morte do Marandu constatados nessa região.

Posteriormente, Dias Filho (2005c), registrou a crescente apreensão de pecuaristas e técnicos nas regiões Norte e Centro-Oeste do País com respeito a Síndrome da Morte do Braquiário (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), também denominado como SMB. Esse fenômeno tem afetado pastagens no Acre, Amazonas, Pará, Rondônia, Mato Grosso, Tocantins e Maranhão, estados que abrigam cerca de 42% das áreas de pastagens e 35% do rebanho bovino nacional (Dias-Filho & Andrade, 2005).

Em 2005, a Embrapa promoveu em Cuiabá, um encontro técnico para discutir a SMB onde foram apresentados resultados de estudos morfofisiológicos (Dias-Filho, 2005c), mostrando que a SMB teria a sua origem a partir de alterações fisiológicas e morfológicas sofridas por esse capim, quando exposto a períodos de excesso de água no solo. Essas alterações afetariam o metabolismo do capim Marandu, tornando-o mais suscetível a ataques oportunistas de fungos patogênicos, os quais, em condições normais,

não seriam capazes de causar danos sérios à planta (Dias-Filho, 2005c).

Mais recentemente, o Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária - IMEA elaborou um relatório sobre o levantamento da morte do Marandu no Mato Grosso (IMEA, 2011), onde foram entrevistados produtores rurais de todas as regiões do Estado. O levantamento amostral revelou que dos 25,8 milhões de hectares de pastagem do Estado, cerca de 8,6% (2,23 milhões de ha) foi a área estimada com relatos de morte de plantas forrageiras. Destas, cerca de 53% foram atribuídas a morte do Marandu decorrentes de seca, 43% por pragas e 4% por excesso de umidade, provavelmente relacionada a SMB. É importante ressaltar que este levantamento realizado pelo IMEA leva em consideração apenas o relato do produtor

Para Dias-Filho (2006), a exposição do capim Marandu ao excesso de água no solo, mesmo que por curtos períodos de tempo, poderia aumentar sua susceptibilidade para infecções, ou mesmo causar regeneração insuficiente das raízes já infectadas por patógenos, ou outros agentes bióticos. Para o autor, seria possível supor que estresses adicionais, como o superpastejo e os baixos níveis de determinados nutrientes no solo, como o fósforo e o potássio, influenciando o comportamento morfofisiológico da planta e particularmente das raízes, poderiam agir sinergicamente para potencializar os efeitos causados pela SMB.

Assim para os casos relacionados a morte de pastagens por excesso de umidade, os estudos afirmam que problema é consequência do plantio desta cultivar em ambientes com solos de baixa permeabilidade. Esta condição de drenagem afeta negativamente o metabolismo das plantas, tornando-as susceptíveis a microorganismos do solo (fungos) que causam a morte das touceiras e a degradação das pastagens. Desde então, a ocorrência da SMB foi registrada nos estados do Amazonas, Rondônia, Pará e Mato Grosso.

O objetivo deste trabalho foi definir de zonas de risco de morte de *Brachiaria brizantha* cv Marandu, utilizando levantamentos pedológicos do estado do Acre, como fonte de informação temática e cartográfica, apoiadas em expedição de campo para identificar pontos de ocorrência de morte do Marandu associadas ao excesso de umidade.

Metodologia

A metodologia do zoneamento de risco edáfico de ocorrência da SMB nas áreas antropizadas e sob uso agropecuário do estado do Mato Grosso é o resultado da interpretação de características de solos relacionadas a baixa permeabilidade e excesso de água, com base em mapas pedológicos da Amazônia Legal (IBGE), na escala de 1:250.000 e com o mapeamento do uso e cobertura vegetal em 2008 (MMA/SBF/PROBIO 2004-2006: Mapeamento do Uso e Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros).

Os estudos anteriores indicaram que a morte de plantas forrageiras estavam sobre solos com caráter plúntico ou com características pedológicas relacionadas ao excesso de umidade. Foram então selecionados todos os atributos de classificação pedológica relacionados com a deficiência de drenagem do solo e condições de hidromorfismo, mesmo que temporárias. Com base nesta premissa foram selecionadas 7 variáveis (ocorrência de plintita, drenagem do solo, profundidade do horizonte A e do horizonte B, profundidade do solo, textura e pedregosidade) oriundas da legenda de solos do estado foram tratadas, dentro da mesma unidade de mapeamento, permitindo definir a importância relativa para condicionar a morte do Marandu.

Foi empregada uma adaptação da metodologia de interpretação da aptidão agrícola dos solos (Ramalho Filho et al. 1995), para o qual determinaram-se os fatores limitantes dos solos (oferta ambiental dos solos) e também as regras de como afetam cada um destes fatores afeta o desenvolvimento das pastagens, considerando-se a adaptação das cultivares de gramíneas (Tabela 1) fornecidas por Valentim, (comunicação pessoal). Após a validação da interpretação prévia do mapa de solos, foi elaborado o mapa de interpretação edáfica das áreas favoráveis a SMB.

Tabela 1. Parâmetros edáficos e bióticos de diferentes cultivares de gramíneas quanto a sua adaptação à ambientes produtivos.

| Cultivares | Parâmetros edáficos | | | | | Bióticos | |
|------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|-------------------------|--|--|--|---|
| | Classes Tolerância | Acidez Sat.bases requerida % | Sat.Al tolerada % | Fósforo n.critico mg/dm ³ * | Textura Adaptação 60 a 15 % 1 a 5 | Alagamento Adaptação seco-úmido** 1 a 5 | Cigarrinhas Deois, Notozulia R,MR,AR,S,AS Clima Afi favorece |
| Gramíneas | | | | | | | |
| <i>Andropogon gayanus</i> | alta | 30-35 | 40-50 | 3,0 a 9,0 | 5 | 4 | Resistente |
| <i>Brachiaria humidicola</i> | alta | 30-35 | 40-50 | 3,0 a 9,0 | 5 | 5 | Resistente |
| <i>Brachiaria decumbens</i> | alta | 30-35 | 40-50 | 3,0 a 9,0 | 4 | 3 | Suscetível |
| <i>Brachiaria ruziziensis</i> | mediana | 40-45 | 35-40 | 4,0 a 15,0 | 3 | 2 | |
| <i>Brachiaria brizantha:</i> | | | | | | | |
| cv. Marandu | mediana | 40-45 | 35-40 | 4,0 a 15,0 | 3 | 2 | Altamente resistente |
| cv. Xaraés | mediana | 40-45 | 35-40 | 4,0 a 15,0 | 3 | 2 | Modera/te resistente |
| cv Piatã | mediana | 40-45 | 35-40 | 4,0 a 15,0 | 3 | 2 | Resistente |
| <i>Panicum maximum:</i> | | | | | | | |
| cv. Tobiãtã | baixa | 45-50 | 30-35 | 5,0 a 21,0 | 2 | 2 | Modera/te resistente |
| cv. Tanzânia | baixa | 45-50 | 30-35 | 5,0 a 21,0 | 2 | 3 | Resistente |
| cv. Mombaça | baixa | 45-50 | 30-35 | 5,0 a 21,0 | 2 | 3 | Modera/te resistente |
| cv. Massai | baixa | 45-50 | 30-35 | 5,0 a 21,0 | 3 | 3 | Altamente resistente |
| <i>Paspalum atratum</i> cv. Pojuca | baixa | 45-50 | 30-35 | 4,0 a 15,0 | 2 | 4 | Resistente |
| <i>Pennisetum purpureum</i> | baixa | 45-50 | 30-35 | 5,0 a 21,0 | 2 | 3 | Suscetível |
| <i>Cynodon</i> spp | baixa | 50-55 | 25-30 | 5,0 a 21,0 | 2 | 3 | Suscetível |

*Mehlich-1; ** prof efetiva < 60 cm, e umidade saturada > 60 dias consecutivos; *textura: variando de 60 a 15 % de argila, respectivamente

Posteriormente, realizou-se duas expedições de campo (11/2012 e 02/2013), com identificação georeferenciada de pontos de ocorrência ou não de morte do Marandu (247 pontos) associadas ao excesso de umidade.

Após esta etapa, procedeu-se a reclassificação do Mapa de Solos do Estado na escala 1:250.000, considerando-se os registros referenciados de ocorrência de morte do Marandu obtidos no campo. Após a reinterpretação do mapa de solos procedeu-se o cruzamento espacial, em ambiente SIG, das áreas sob uso agropecuário (pastagens, agropecuária e agricultura) mapeadas pelo Probio/MMA cujo resultado final foi o Zoneamento de Risco Edáfico de Ocorrência da Síndrome da Morte do Braquiarião nas áreas antropizadas do Estado do Mato Grosso

Resultados e Discussão

No Estado do Mato Grosso, a pecuária tradicional demonstrou ser uma atividade com elevada capacidade de inserção no contexto das potencialidades econômicas e ecológicas. Entretanto, mais recentemente a capitalização do setor, contribui para diminuir a capacidade de sustentação econômica deste tipo de exploração. Assim, na medida que avança o processo de modernização da pecuária no meio rural, as atividades extensivas tendem a perder competitividade, o que as força a adotar processos produtivos mais intensivos. É o caso da melhoria da capacidade de suporte das pastagens, valendo-se da implantação de pastagens cultivadas, que substituem a riqueza da biodiversidade dos ecossistemas florestais e dos cerrados por paisagens homogêneas, onde ainda dominam as pastagens do gênero *Brachiaria*.

Entretanto, considerando a fragilidade dos solos submetidos ao ambiente amazônico (altas temperaturas e precipitação pluviométrica), estudos constataram queda da fertilidade agrícola poucos anos após o desmatamento, face as baixas reservas de nutrientes (ex.: caráter distrófico e álico) e, são propensos à redução da porosidade total e da infiltração de água em um prazo muito curto, além de ter sua estrutura degradada em um espaço de tempo muito rápido (Muller et al., 2001).

Neste sentido, a primeira aproximação do Zoneamento de Risco de Morte da *Brachiaria*, baseada apenas em atributos pedológicos como sugerido por Valentim (2002), mostrou-se insuficiente para identificar adequadamente as áreas com ocorrência da SMB. Durante a primeira expedição de campo realizada no final de 2012, constatou-se grandes extensões de terras localizadas na porção Norte, Nordeste e Noroeste do estado, com a ocorrência da SMB, em solos considerados bem drenados.

Observou-se a ocorrência de SMB em solos classificados como Argissolos e Argissolos latossólicos álicos e distróficos de textura média a argilosa. Em tais classes de solos, não ocorrem características expressivas associadas à deficiência de drenagem do perfil do solo.

Durante a segunda expedição realizada no início de 2013, procedeu-se a coleta de amostras de solos destas classes para análise e caracterização química e física de horizontes (dados não apresentados). De forma geral, nas áreas de pastagens verificou-se horizonte A de pouca espessura (10 cm) com baixa saturação de bases e teores de carbono quando comparados com solos sob mata nativa, sugerindo uma baixa resiliência destes solos sob pastagens. Adicionalmente, entrevistas com produtores rurais desta região, revelaram que em muitos casos, estas pastagens foram implantadas a 20-30 anos atrás e submetidas ao pastejo extensivo durante este período como forma de manejo do solo.

Para a interpretação final do risco de morte, utilizou-se ainda o Mapa de Normais Climatológicas do Estado do Mato Grosso (Figura 1), para delimitar as áreas do estado com maior precipitação pluviométrica. Com base neste mapa, verificou-se que todos os pontos de observação realizados nas expedições de campo, em solos classificados como Argissolos e Argissolos Latossólicos e que apresentavam a SMB estavam localizados em áreas com precipitação acima de 2100 mm de precipitação média anual. Ou seja, mesmos os solos desta classe não apresentando características morfológicas relacionadas ao excesso de umidade, seu uso nestas condições ambientais associados à degradação progressiva pelo uso agrícola devem permitir condições de umidade saturada acima de 60 dias nos horizontes superficiais. De fato, é comum verificar nas pastagens, ocorrência da SMB ao longo de pequenos sulcos de erosão superficial como forma inicial de ocorrência da morte da braquiária. Tais áreas foram então consideradas como de Risco Muito Forte para a ocorrência de SMB

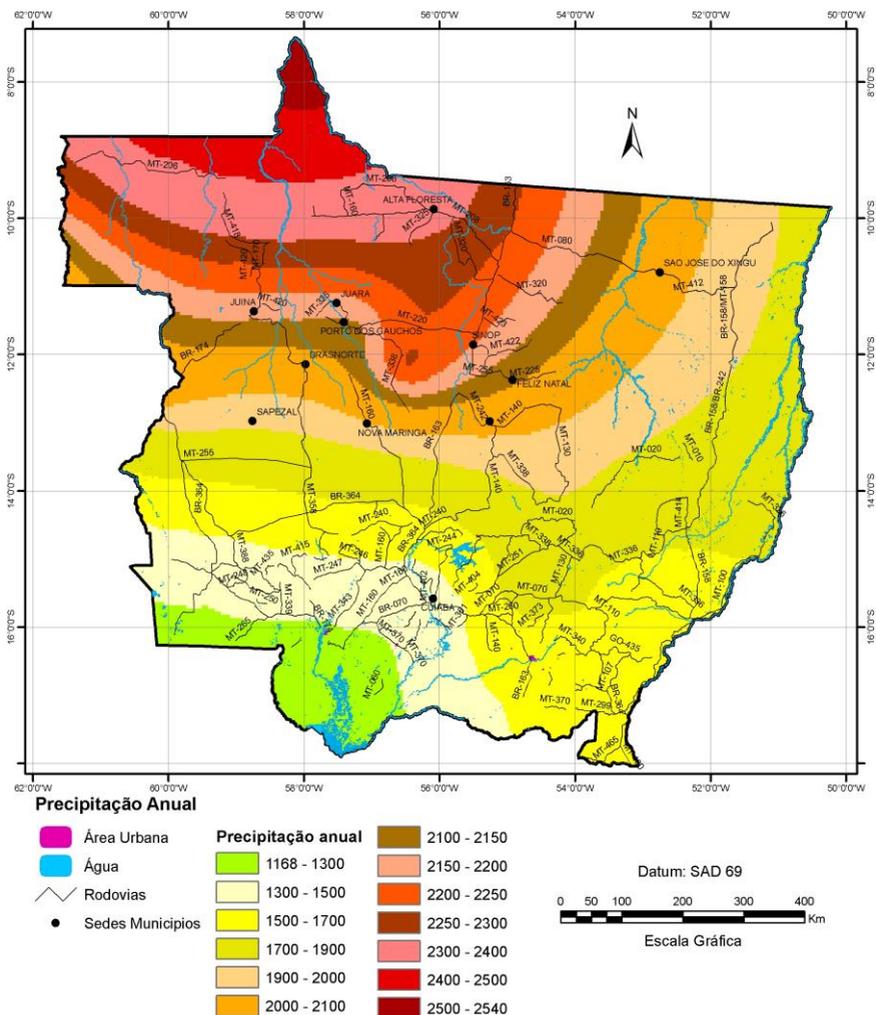


Figura 1. Normais climatológicas do Estado do Mato Grosso. Precipitação média anual.

Neste sentido, Mercante et al. (2008) relata que a biomassa microbiana e sua atividade têm sido apontadas como as características mais sensíveis às alterações na qualidade do solo, causadas por mudanças de uso e práticas de manejo (Cardoso et al., 2009), com perda progressiva do potencial produtivo. De fato sistemas homogêneos com exploração contínua ao longo do tempo, como as pastagens verificadas nos

Argissolos sob alta precipitação são menos resilientes que sistemas mais heterogêneos, como por exemplo, os sistemas integrados de produção (integração lavoura pecuária e lavoura, pecuária e florestas – ILP e ILPF). Assim, Campos (2014), estudando solos sob pastagem, mata e sistemas integrados de produção, após sete anos de implantação de ILP, com a diversificação de culturas ao longo do ano, proporcionam mais resiliência na estrutura e função da microbiota do solo em relação a sistemas homogêneos, sendo uma ferramenta de manejo menos impactante e com maior capacidade de sustentabilidade do componente microbiológico do solo.

Para Dias-Filho (2006), a SMB seria provocada por um conjunto de fatores, basicamente originados pelo efeito desestabilizante que situações intermitentes de excesso de água no solo provocaria na *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. A hipótese apresentada pelo autor para o fenômeno, é que, sob excesso de água no solo, o capim Marandu ficaria mais suscetível a ataques de fungos do solo nas raízes em decorrência de mudanças no metabolismo desse capim. De forma simples, o autor relata que nessa situação, a planta teria dificuldade de reconhecer fungos patogênicos como inimigos.

Desta forma, a ocorrência da SMB verificada nos Argissolos sob precipitação elevada, sugere acrescentar à hipótese, que além do excesso de umidade nos horizontes superiores do solo, em regiões de alta precipitação pluviométrica (acima de 2100 mm), a progressiva degradação de solos em pastagens homogêneas, sem práticas de conservação do solo, e com consequente perda da diversidade microbiológica do solo seria também um fator para aumentar a susceptibilidade do Marandu ao ataque de fungos do solo.

Como resultados da interpretação pedológica, cerca de 29,5% (Tabela 2) das áreas antropizadas do Estado do Mato Grosso e sob uso agrícola (26,5 milhões de hectares), apresentam risco forte ou muito forte de morte de *B. brizantha* cv. Marandu situadas principalmente na região norte do Estado. As áreas com risco muito baixo e baixo predominam no estado e somam cerca de 64% das áreas atualmente em uso. Ocorrem principalmente no centro-sul do estado, em áreas do bioma cerrado, transição entre os biomas cerrado e Amazônia e entre cerrado e o pantanal.

Tabela 2. Categorias de morte de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, área antropizada ocupada no estado em hectares e em porcentagem do total antropizado em 2008 (Probio, 2008).

| Categorias de risco | Área antropizada ocupada no Estado do Mato Grosso (hectares) | Área antropizada ocupada no Estado do Mato Grosso (%) |
|---------------------|--|---|
| Risco muito baixo | 57.183.772 | 63,47 |
| Risco baixo | 383.809 | 0,43 |
| Risco moderado | 5.734.681 | 6,64 |
| Risco forte | 2.053.389 | 2,28 |
| Risco muito forte | 24.484.931 | 27,18 |

Estes resultados reforçam a importância e qualidade dos dados dos levantamentos pedológicos regionais, que permitem, se associados com um banco de dados georreferenciados, gerar mapas temáticos por forrageiras, facilitando a difusão das informações edáficas.

Ressalta-se por fim, a importância de detalhamento dos mapas de solos na escala mínima de 1:100.000, permitindo a visualização mais precisa da distribuição espacial e das alternativas de uso, nos municípios com maior risco, de acordo com o mapa de zonas de risco de morte (Figura 2).

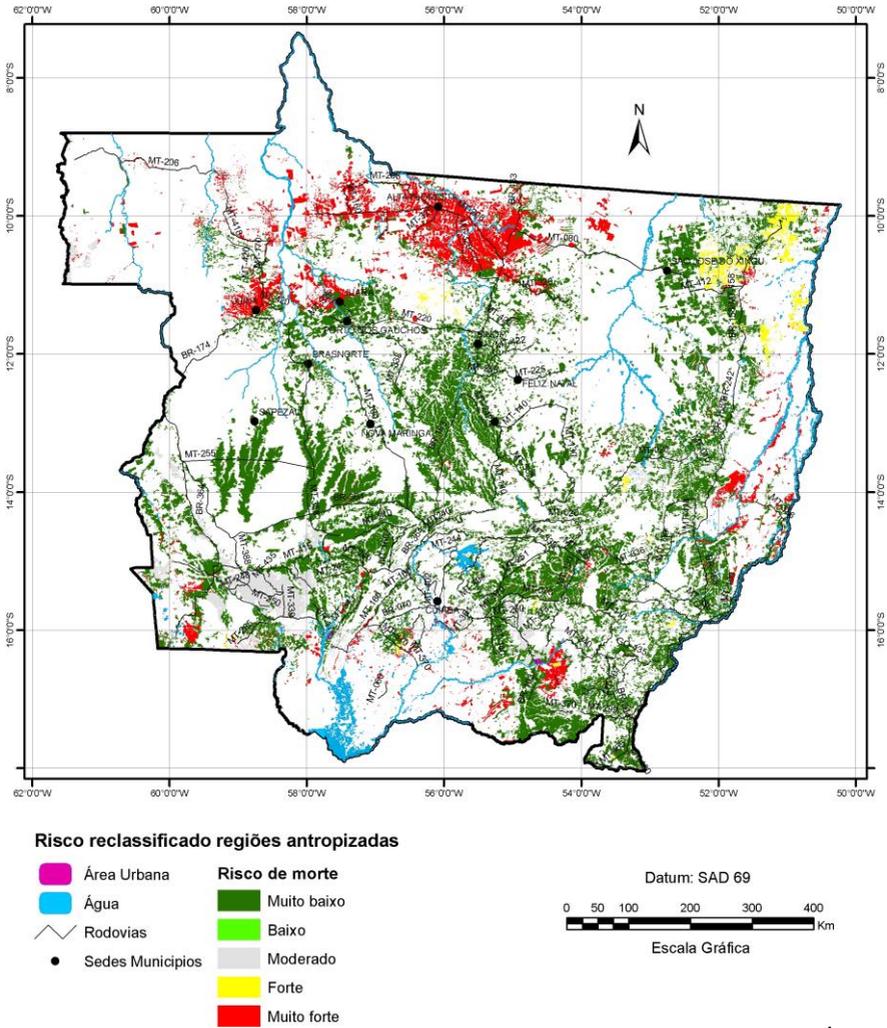


Figura 2. Zoneamento de Risco Edáfico de Ocorrência da SMB nas Áreas Antropizadas do Estado do Mato Grosso.

Referências bibliográficas

- ANDRADE, C.M.S de; VALENTIM, J.F. Soluções tecnológicas para a síndrome da morte do capim-Marandu. In: WORKSHOP "MORTE DE CAPIM-MARANDU", 2005. Cuiabá: Embrapa Gado de Corte, 2005. 1 CD-ROM.
- Campos, D. T.C.; Atributos microbiológicos do solo em sistemas integrados na região norte de Mato Grosso. Terceiro relatório parcial de atividades. UFMT. Cuiabá, MT. 2014
- DIAS-FILHO, M.B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. 2. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005a. 173p.
- DIAS-FILHO, M.B. Opções forrageiras para áreas sujeitas a inundação ou alagamento temporário. In: PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C. de; DA SILVA, S.C.; FARIA, V.P. de (Ed.). 22o Simpósio sobre manejo de pastagem. Teoria e prática da produção animal em pastagens. Piracicaba: FEALQ, 2005b, p.71-93.
- DIAS-FILHO, M.B. Respostas morfofisiológicas de *Brachiaria* spp. ao alagamento do solo e a síndrome da morte do capim-Marandu. In: WORKSHOP "MORTE DE CAPIM-MARANDU", 2005. Cuiabá: Embrapa Gado de Corte, 2005c. 1 CD-ROM.
- DIAS-FILHO, M.B.; ANDRADE, C.M.S de. Pastagens no ecossistema do trópico úmido. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS, 2, 2005, Goiânia, Anais.Goiânia: SBZ. p. 95-104.
- FAMINOW, M.D. Cattle, deforestation and development in the Amazon: an economic, agronomic and environmental perspective. 1998. New York: CAB International.
- HECHT, S.B. Cattle ranching in the Amazon: analysis of a development strategy. Universidade da Califórnia. 1982. n.p. Dissertação de P.D.
- MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S. F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. *Acta Scientiarum Agronomy*, 2008, v. 34, n. 4, p. 479-485.
- Muller, M. M. L.; Guimarães, M. F.; Desjardins, T., Martins, P. F. S. Degradação de Pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento das raízes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília - DF, 2001. v. 36. n. 11, p. 1409-1418.

- VALENTIM, J.F. Impacto ambiental da pecuária no Acre. Rio Branco, Acre, Brasil: Embrapa-UEPAE Rio Branco/IMAC. 1989. 32p. Documento Base do Curso de Avaliação do Impacto Ambiental da Pecuária no Acre.
- VALENTIM, J.F., AMARAL, E.F., LANI, J.L. Definição de zonas de risco edáfico de morte de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no Estado do Acre. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14, 2002, Cuiabá, MT. Anais... Microservice Tecnologia Digital SA, 2002. 1 CD-ROM.
- VALENTIM, J.F.; AMARAL, E.F. do; CAVALCANTE, M. de J.B.; FAZOLIN, M.; CABALLERO, S.S.V.; BODDEY, R.M.; SHARMA, R.D.; MELO, A.W.F. de. Diagnosis and potential socioeconomic and environmental impacts of pasture death in the Western Brazilian Amazon. In: LBA SCIENTIFIC CONFERENCE, 1., 2000, Belém, PA. Abstracts...Belém:MCT/CPTEC/INPE, 2000. p.212.
- VALÉRIO, J.R.; SOUZA, O.C. de; CORRÊA, E.S.; Diagnóstico de morte de pastagens nas regiões central e norte do Estado de Mato Grosso. Campo Grande : Embrapa Gado de Corte, 2000. 10p. -- (Documentos / Embrapa Gado de Corte, ISSN 1517-3747 ; 98)

SÍNDROME DA MORTE DO BRAQUIARÃO EM MATO GROSSO



Bruno Carneiro e Pedreira¹
Moacyr Bernardino Dias-Filho²
Carlos Mauricio Soares de Andrade³
Luiz Fernando Caldeira Ribeiro⁴
Dalton Henrique Pereira⁵
Douglas dos Santos Pina⁵
Roberta Aparecida Carnevalli¹
Franciane Cazelat Costa⁶
Francarlos de Lima Felipe⁶

Introdução

A pecuária é uma das atividades econômicas mais importantes do Brasil, o qual, por sua extensão territorial e condições de clima, possibilita que a grande maioria do rebanho seja criada em pastagens, diminuindo os custos de produção. Isso ocorre, pois, em sistemas que utilizam animais confinados e grãos na dieta os custos de produção são inflados pelo o uso intensivo de mão de obra, máquinas, equipamentos e combustível fóssil (Dias-Filho, 2014). Além disso, no sistema de produção em pastagens o produtor tem a vantagem de não depender de fatores instáveis, como altas nos preços de grãos (Torres Júnior e Aguiar, 2013). A planta forrageira desempenha uma função de extrema importância, que reflete tanto no

¹ Eng^o Agrônomo, Doutor em Ciência Animal e Pastagens, pesquisador da Embrapa Agrossilvipastoril.

² Eng. Agrônomo, Ph.D. em Ecofisiologia Vegetal, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental.

³ Eng. Agrônomo, Doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Acre.

⁴ Eng. Agrônomo, Doutor em Fitopatologia, professor da Universidade Estadual de Mato Grosso – Campus Alta Floresta.

⁵ Zootecnista, Doutor em Zootecnia, professor da Universidade Federal de Mato Grosso – Campus Sinop.

⁶ Aluno de graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso – Campus Alta Floresta.

aspecto econômico, quanto na sustentabilidade do sistema (Sbrissia e Da Silva, 2001).

De acordo com o último Censo Agropecuário Brasileiro, o de 2006 (IBGE, 2007), a área total de pastagens (naturais e plantadas) no Brasil é de 172,3 milhões de hectares. Entre 1975 e 2006, as áreas de pastagem do país diminuíram nas regiões Sudeste (-32,2%), Sul (-14,3%) e Centro-Oeste (-7,3%), aumentando apenas nas regiões Norte (517,9%) e Nordeste (6,6%). No Brasil, como um todo, o crescimento das áreas de pastagem, desde meados da década de 1970, foi de apenas 4%. De acordo com Dias-Filho (2014), o baixo crescimento médio das áreas de pastagem do Brasil, como um todo, nos últimos 30 anos decorre principalmente da expansão das áreas agrícolas, de reflorestamento e de urbanização sobre as áreas originais de pastagem.

Uma característica importante da dinâmica das áreas de pastagem no Brasil tem sido a substituição do uso de pastagens naturais por pastagens plantadas, observada desde o Censo Agropecuário de 1970 (Dias-Filho, 2014). A explicação é que muitas dessas pastagens naturais estão sendo substituídas por lavouras, além de outras atividades, ou mesmo substituídas por pastagens plantadas (plantio de capins exóticos) (Dias-Filho, 2014).

As áreas cultivadas com pastagens no Brasil expandiram com maior intensidade a partir da década de 1970 em decorrência, principalmente, do avanço da pecuária na Amazônia Legal (Faria et al., 1996). Desde então, o que eram aproximadamente 25 milhões de hectares de pastagens plantadas nos anos 1970, já ultrapassavam 100 milhões de hectares em 2006 (IBGE, 2007). Uma grande proporção dessas novas pastagens foi originalmente plantada, ou vem sendo substituída com gramíneas do gênero *Brachiaria*.

Dentre as espécies de *Brachiaria*, uma das mais utilizadas é a cultivar Marandu de *Brachiaria brizantha* (A.Rich.) Stapf., lançada em 1984 pela Embrapa (Nunes et al., 1984). No início dos anos 2000, o capim Marandu, juntamente com as cultivares Tanzânia e Mombaça de *Panicum maximum* (Jacq.), já ocupavam cerca de 60 milhões de hectares de pastagens no Brasil (Embrapa-Gado-de-Corte, 2004). O aumento médio estimado das taxas de lotação das pastagens brasileiras nos últimos 30 anos (92%), com destaque para as regiões Centro-Oeste (210%) e Norte (215%) (Dias-Filho, 2014), foi, em grande parte, pautado em pastagens estabelecidas com cultivares mais produtivas de capins, em particular a cultivar Marandu, que tem suportado grandes desafios desde o seu lançamento.

O estado de Mato Grosso tem cerca de 28,4 milhões de cabeças de bovinos (INDEA, 2013), e 26 milhões de hectares de pastagens (IMEA, 2011a), grande parte dessas plantadas com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

No entanto, apesar dos números promissores e da busca por maior produtividade por parte de muitos produtores, um percentual considerável das áreas de pastagens nas regiões Norte e Centro Oeste ainda apresentam forte degradação, devido à má utilização, decorrente do caráter extensivo da pecuária nessas situações específicas.

Em locais em que a terra ainda é relativamente barata, antes de fazer um bom manejo da pastagem e do pastejo, muitos pecuaristas ainda trabalham no sentido de aumentar a área de pastagem (suprimento) para fornecer mais alimento a um mesmo rebanho (demanda). Tal comportamento caracteriza a “fase primária” de expansão da pecuária em áreas de fronteira agrícola, descrita em Dias-Filho (2011a). Nessa fase, a expansão da atividade baseia-se em uma pecuária predominantemente extensiva, em que o aumento da produção é alcançado, sobretudo com a expansão das áreas de pastagem (Dias-Filho, 2011a).

No entanto, com a pressão cada vez mais forte sobre a redução do desmatamento, com a chegada da produção de grãos nessas regiões e a consequente valorização do preço das terras, os pecuaristas têm se obrigado a encarar novas realidades e desafios. A busca pela produção de bovinos de maneira mais profissionalizada e verticalizada começa a se tornar uma realidade e, nestes momentos de mudanças, a perda de produtividade começa a incomodar os produtores. Tal mudança de mentalidade caracteriza a “fase secundária” de expansão da pecuária na fronteira agrícola, descrita em Dias-Filho (2011a). Nessa fase, o aumento da produção na atividade pecuária a pasto é alcançado predominantemente pela intensificação, isto é, pelo uso correto de tecnologia (Dias-Filho, 2011a).

Dentro desse cenário a degradação de pastagens ainda é um dos principais problemas da pecuária brasileira, em particular nas regiões Norte e Centro Oeste (Dias-Filho, 2011b). Nessas regiões, destacam-se como importantes causas de degradação de pastagens, ataques de cigarrinha e o desenvolvimento da **síndrome da morte do capim braquirão (SMB)** (Dias-Filho, 2011b; IMEA, 2011b).

A SMB foi pela primeira vez mencionada na literatura científica, no final da década de 1990, inicialmente na Costa Rica (Zuninga et al., 1998) e, depois, no início dos anos 2000, no Brasil, mais especificamente

relatando a ocorrência do problema nos estados do Acre, Pará e Rondônia (Andrade e Valentim, 2007; Teixeira Neto et al., 2000). Nesses relatos, a causa da SMB foi relacionada a umidade excessiva do solo e ao ataque de fungos nas raízes do capim braquiarião, principalmente em razão da reconhecida baixa tolerância desse capim ao excesso de água no solo (Dias-Filho e de Carvalho, 2000). De acordo com Dias-Filho (2006), a lógica para a associação entre a baixa adaptação do capim braquiarião ao encharcamento do solo e a SMB seria que o excesso de água no solo agiria como fator de predisposição para a instalação do problema. Para Dias-Filho (2006), essa predisposição estaria ligada a mudanças no comportamento bioquímico e fisiológico da planta e nas características biológicas, físicas e químicas do solo, sob excesso de água.

Nos últimos anos, a SMB vem sendo uma das principais causas de degradação de pastagens em toda a região Norte e parte da região Centro Oeste do Brasil, particularmente no Acre, Pará, Mato Grosso, Amazonas, Rondônia, Tocantins e Maranhão (Dias-Filho, 2011b). Estados que são responsáveis por mais de 40% da área total de pastagens e 35% do rebanho bovino de corte no país (Dias-Filho e Andrade, 2005).

Nessas regiões, o alagamento ou má drenagem dos solos é comum, em decorrência do regime intenso de chuvas, que podem alcançar mais de 2000 mm por ano em boa parte da região. Por isso, períodos com excesso de água no solo, em pastagens estabelecidas em regiões de clima tropical são eventos relativamente comuns. Normalmente, o excesso de água no solo é resultante da combinação de chuvas intensas e solos com drenagem ineficiente (Dias-Filho, 2005). Como por exemplo, solos que apresentem camadas impeditivas a drenagem em subsuperfície, nos horizontes mais profundos.

Em solos de melhor drenagem, mesmo em relevo elevado, a SMB tem sido relatada/observada em locais planos que apresentam alguma depressão no terreno, o qual permite o alagamento temporário, e a consequente manifestação da SMB (Figura 1).



Figura 1. Síndrome da morte de capim Marandu em local de relevo elevado, Alta Floresta - MT. Foto: Bruno Carneiro e Pedreira.

O fator solo

A má drenagem está relacionada à formação e às propriedades físicas do solo. A drenagem deficiente é uma característica encontrada nas principais classes de solo encontradas na Amazônia Legal (Argissolo, Cambissolo, Plitossolo, Gleissolo, etc.).

O Plintossolo é constituído por material mineral, apresentando horizonte plíntico ou litoplíntico ou concrecionário iniciando dentro de 40 cm ou dentro de 200 cm quando imediatamente abaixo do horizonte A ou E, ou de outro horizonte que apresente cores pálidas, variegadas ou com mosqueados em quantidade abundante. O horizonte diagnóstico plíntico é definido de acordo com a quantidade de plintita, e sua extensão deve ter no mínimo 15 cm de espessura e conter mais de 15% de plintita por volume (Embrapa, 2006). Esta classe compreende solos formados sob condições de restrição à percolação da água, sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, em que macro e micros poros do solo ficam temporariamente preenchidos com água.

O Argissolo (Podzólico, na classificação anterior) é constituído por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B, e pode apresentar horizonte plíntico ou horizonte glei, desde que não satisfaça os critérios para Plintossolo ou Gleissolo (Embrapa, 2006).

No entanto, quando se trata da SMB é importante identificar o solo em questão e a razão da drenagem deficiente por meio da abertura de trincheiras. Esse método é fundamentado no estudo da morfologia do solo e consiste na delimitação dos volumes antropizados distintos, tanto em profundidade como lateralmente, a partir de critérios como: forma, tamanho e distribuição dos elementos estruturais; presença ou ausência de poros visíveis a olho nu e continuidade destes; forma e dureza de agregados e torrões, dentre outros fatores. Em alguns casos, a identificação da má drenagem fica evidente, pois o solo pode apresentar pedregosidade, cascalho, ou mesmo afloramento de rochas na superfície (Figura 2)



Figura 2. Síndrome da Morte do capim Marandu em área de afloramento de rocha, Alta Floresta – MT. Foto: Bruno Carneiro e Pedreira.

No entanto, nem sempre isso ocorre dessa maneira, pois a razão pode ser a formação de um horizonte plântico, em subsuperfície, em camadas mais profundas, até 2 metros de profundidade, em que apresenta um arranjo de cores vermelhas e acinzentadas ou brancas, com ou sem cores amareladas ou brunadas, formando um padrão reticulado, poligonal ou laminar.

O horizonte plântico se forma em terrenos com lençol freático alto ou pelo menos com restrição temporária a percolação da água, em regiões de clima quente e úmido, com relevo plano a suave ondulado, onde permita que o terreno permaneça saturado com água pelo menos uma parte do ano e sujeito a flutuações do lençol freático. Essas condições podem ser

comuns na Amazônia, no Planalto Central e, em menor proporção, no Bioma Caatinga (Embrapa, 2006).

O horizonte B é uma zona de iluviação, isto é, em que ocorre deposição dos demais horizontes, formados por materiais, como nódulos de ferro ou ferro e alumínio, os quais endurecem quando expostos a ciclos de umedecimento e secagem (Brady e Weill, 2002).

Em solos plínticos, a percolação da água é dificultada, ocorrendo acúmulo em subsuperfície, devido à formação de uma barreira física de impedimento à drenagem e, com isto, favorece a manutenção adequada da lâmina de água ou, ainda, proporcionar melhores condições de umidade no perfil do solo na época da estiagem. Nesses solos, o ressecamento excessivo e, conseqüente, endurecimento da plintita e formação de petroplintita podem criar um impedimento mecânico ao escoamento natural de água e ao desenvolvimento de raízes das plantas cultivadas (Brady e Weill, 2002).

Como a formação do horizonte plíntico está relacionada ao movimento do lençol freático, bem como sua proximidade da superfície do solo, a cobertura vegetal presente não interfere diretamente na sua formação. Porém, a retirada total da vegetação aumenta a densidade do solo, reduz a capacidade de infiltração, o estoque de carbono e aumenta consideravelmente a perda de solo e nutrientes (Vale Júnior, 2003).

Além desses, existem outros tipos de solo que podem apresentar a SMB, pois há outros fatores que podem contribuir para a redução na drenagem de um solo, como por exemplo a compactação. Esse processo de compactação do solo pode ser intensificado em função do tempo de abertura das terras, a falta de reposição de fertilidade de solo e a ausência de ajuste de taxas de lotação (Figura 3), os quais contribuem para o estresse fisiológico da planta.



Figura 3. Pastagem em plintossolo com ocorrência de SMB e submetida a altas taxas de lotação e sem reposição de nutrientes, Nova Guarita – MT. Foto: Bruno Carneiro e Pedreira.

Práticas inadequadas de manejo que levem a compactação podem alterar a drenagem natural destes solos, tornando-os mais suscetíveis a períodos intermitentes de encharcamento ou com muita água nos poros (Dias-Filho, 2005). A falta de planejamento, por exemplo, é um dos muitos fatores que resultam em compactação dos solos. Quando o rebanho não é dimensionado em função do aporte alimentar que uma determinada área pode oferecer, a massa de forragem pode ser muito reduzida, resultando em exaustão de reservas, dificultando a rebrotação da pastagem. Nesse cenário, a população de perfilhos e a massa de raízes são reduzidas ao longo dos anos, dando espaço a solo sem cobertura vegetal suscetível à compactação.

O fator chuva

O fator chuva é considerado o gatilho de todo esse processo. Dois locais (Alta Floresta e Terra Nova do Norte) foram monitorados no Norte do Mato Grosso para fins de registro e acompanhamento dos índices pluviométricos. Nesses locais, o problema com SMB é recorrente e crescente em área a cada ano. A região norte de Mato Grosso é caracterizada por apresentar clima Aw segundo Köppen, tropical chuvoso, com precipitação pluvial elevada (2.500 a 2.750 mm), com estações bem definidas: chuvas no verão e seca no inverno. O solo da região é predominantemente argissolo vermelho amarelo, com caráter alumínico na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (Souza et al., 2007).

Nos dois locais monitorados, a pluviosidade média foi de 391 mm por mês (Tabela 1), com picos de 707 e 623 mm em novembro de 2013 e fevereiro de 2014 em Nova Guarita, e 489 e 500 mm em fevereiro e março de 2013 em Alta Floresta, respectivamente. Então, meses com índices pluviométricos acima de 391 mm, ou seja, acima de 13 mm de água por dia, apresentam volume de água suficiente para garantir reposição da evapotranspiração e ainda promover excesso de água no solo, mesmo que temporariamente. Isso resulta em preenchimento de macro e micro poros, hipo ou anoxia e, por consequência, os sintomas aparecem ou expandem nas áreas em questão.

Tabela 1. Pluviosidade mensal média de novembro a março nos municípios de Alta Floresta e Terra Nova.

| Local | Safra | | Média |
|----------------------|----------------|-----------|-------|
| | 2012/2013 | 2013/2014 | |
| | ----- mm ----- | | |
| Alta Floresta | 409 | 326 | 391 |
| Terra Nova | 326 | 504 | |

Alterações fisiológicas

Dentre os problemas relacionados ao excesso temporário de água no solo em pastagens na América tropical, a SMB tem importância particular (Dias-Filho, 2006a). O encharcamento temporário ou contínuo dos solos pode ocorrer em função de tempestades, inundação por rios, drenagem inadequada e precipitações elevadas e concentradas em determinada época do ano. Em algumas regiões tropicais as áreas de pastagens são alocadas em áreas marginais, não agricultáveis, e assim os pastos podem ser intermitentemente afetados por alagamento ou má drenagem (Dias-Filho, 2005). Nessas áreas, a tolerância de uma planta forrageira ao excesso de água no solo é uma grande vantagem em relação a outras plantas menos tolerantes (Dias-Filho e de Carvalho, 2000).

A planta forrageira em questão, conhecida por capim marandu, braquiarião ou brizantão há 30 anos é amplamente disseminada em todo o país. Na Amazônia Legal não foi diferente e, hoje, grande parte das propriedades possuem pastagens desse capim, o qual não tolera excesso de umidade no solo (Dias-Filho e de Carvalho, 2000). Nesse ponto, é importante ressaltar que o excesso de umidade, não significa que necessariamente exista uma lâmina d'água na superfície do solo (Figura

4), mas que exista água o suficiente para reduzir a presença de oxigênio no solo, causando alterações metabólicas que debilitam a planta, reduzindo o potencial de assimilação de nutrientes e consequentemente de produção de forragem (Dias-Filho, 2005).



Figura 4. Síndrome da Morte do capim Marandu em local com afloramento de lençol freático, Querência – MT. Foto: Bruno Carneiro e Pedreira.

Segundo Dias Filho e de Carvalho (2000), as respostas morfológicas e fisiológicas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *B. decumbens* e *B. humidicola* diferem quanto à tolerância ao alagamento. A área foliar específica e a alocação de biomassa para as raízes, nas três plantas, foram reduzidas com o alagamento. Além disso, a senescência foliar em *B. brizantha* e *B. decumbens* foi aumentada, ao mesmo tempo em que reduziu a taxa de crescimento. O capim Marandu foi o único em que a fotossíntese líquida e o conteúdo de clorofila na folha reduziram sob alagamento do solo e apresentou redução nas taxas de alongamento foliar (TAF) desde o primeiro dia de alagamento. Devido à alta sensibilidade desse último parâmetro, Dias-Filho e de Carvalho (2000) sugerem que a TAF seja empregada como um mecanismo de detecção prematura da tolerância ao alagamento em *Brachiaria* spp.

Em outro estudo, o capim Marandu em condição de alagamento apresentou redução de 55% no número médio de perfilhos, em 74% a massa de raízes e 66% na taxa de crescimento relativo (Caetano e Dias-Filho, 2008). A redução na alocação para raízes em plantas estressadas por alagamento pode ser uma estratégia para reduzir a maior manutenção de respiração de raízes, quando comparado para a parte aérea. Além disso,

como as raízes não conseguem suprir seus requerimentos em termos de oxigênio, um sistema radicular menor poderia ser mais facilmente mantido pela parte aérea em solos mal drenados (Rubio e Lavado, 1999).

No entanto, como comenta Dias-Filho (2006), inferir que a SMB estaria simplesmente relacionada à baixa adaptação do capim Marandu ao excesso de água no solo, seria uma concepção muito superficial desse fenômeno. Dessa forma, segundo hipótese apresentada em Dias-Filho (2005), sob excesso de água no solo, capim braquiarião apresentaria alterações em seu metabolismo que o tornariam mais suscetível ao ataque de patógenos do solo. Tais alterações estariam relacionadas, por exemplo, ao metabolismo de açúcares da planta, que, segundo Dias-Filho (2006), interferiria nos mecanismos bioquímicos de defesa dessa cultivar, tornando-a suscetível aos agentes bióticos que, em condições normais, não seriam capazes de danificá-la com a mesma intensidade. Ainda de acordo com Dias-Filho (2006), sob excesso de água no solo, poderia haver maior exsudação de etanol nas raízes do capim braquiarião, sendo esse etanol um atrativo para zoósporos de fungos patogênicos e fornecedor de substratos para a colonização de micélios no tecido vegetal (Dias-Filho, 2006b).

O ataque por fungos

O efeito secundário desse processo é o ataque de fungos fitopatogênicos de solo (*Rhizoctonia*, *Fusarium* e *Pythium*) que colonizam a base da planta (podridão do coleto) levando a sua morte (Duarte et al., 2007). Nas pastagens acometidas, as touceiras apresentam amarelecimento das folhas mais externas, iniciando-se do ápice em direção as bordas, caracterizando a morte do tecido foliar na forma de ‘V’, com o vértice voltado para a extremidade da folha. À medida que a doença progride, as folhas amarelecem até a base, incluindo a bainha, o que resulta no secamento total dos tecidos. A doença progride para as folhas mais internas e, por fim, por todo o perfilho. A podridão úmida pode ser encontrada até 15 cm acima do solo, na base da touceira (Duarte et al., 2007).

Em alguns casos, antes de amarelar, podem aparecer algumas manchas úmidas arredondadas com bordas irregulares e de coloração escura. Em estudo realizado no Pará, constatou-se que as raízes não foram atacadas pelos patógenos, provável causa de aparecimento de novos perfilhos entre colmos infectados. No entanto, quase todos os perfilhos morrem com o

passar do tempo, caracterizando a morte em reboleiras, com touceiras mortas/secas (Figura 5) (Duarte et al., 2007).



Figura 5. Sintomas da SMB - morte de plantas em reboleiras, Terra Nova do Norte - MT. Foto: Bruno Carneiro e Pedreira.

Duarte et al. (2007) também relataram que o patógeno – agente primário da doença – identificado neste estudo, responsável pelos sintomas e morte de perfilhos foi o *Pythium pernilum*, o qual pode ser transmitido pela semente.

No entanto, a alta sensibilidade a antagonistas e outras influências ambientais não causam dano como a sua densidade no solo poderia sugerir. Em 1998, houve um relato de ataque como estes em *Brachiaria brizantha* na Costa Rica, mas a espécie de *Pythium* não foi identificada (Zuninga et al., 1998).

Complementarmente, é importante esclarecer que plantas saudáveis, não estressadas por excesso de água, quando expostas ao fungo não apresentaram amarelecimento e morte (Duarte et al., 2007). Esse fato demonstra que o fungo é a causa secundária, e só se torna um patógeno potencial em uma planta debilitada, estressada por excesso de água nas raízes (anoxia).

Como o mecanismo de sobrevivência e perpetuação das plantas forrageiras é regido por perfilhamento, com a redução das chuvas, ao final do período chuvoso, aumenta a aeração do solo e, com isso, novos perfilhos surgem na tentativa de recuperar o estande de plantas que havia sido reduzido (Figura 6).



Figura 6. Surgimento de novos perfilhos ao final da estação chuvosa em área acometida pela Síndrome da Morte do capim Marandu em Mato Grosso. Foto: Bruno Carneiro e Pedreira.

A persistência de uma planta forrageira está associada à manutenção da população de perfilhos (densidade populacional de perfilhos) e a quanto cada perfilho produz ao longo do tempo (Matthew et al., 2000). Esses fatores definem o equilíbrio dinâmico e harmônico entre os processos de aparecimento e morte de perfilhos, de tal forma que cada perfilho que morre deve ser substituído por um novo. Quando a sucessão natural entra em balanço negativo ou se a utilização da planta forrageira é feita de maneira inadequada, ocasionando, consistentemente, maior morte que aparecimento de perfilhos, a pastagem entra em processo de degradação e tende ao colapso.

Por isso, ano após ano, a SMB se agrava dando origem ao processo de degradação das pastagens sadias ou acabando de exterminar pastagens já degradadas (Figura 7).

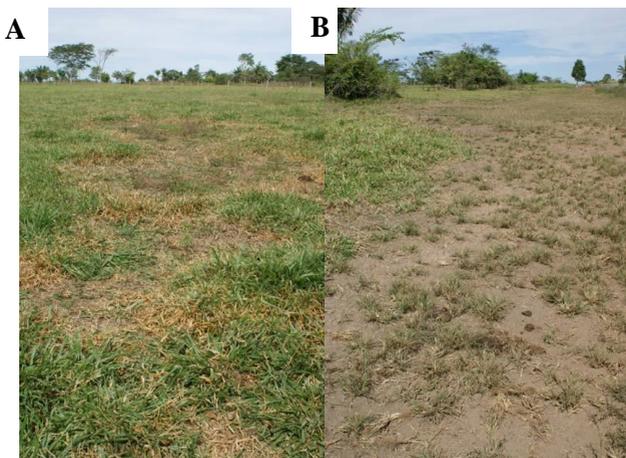


Figura 7. Pastagens de capim Marandu acometidas pela Síndrome da Morte do Capim Marandu há um (A) ou dois anos (B), Nova Guarita – MT. Foto: Bruno Carneiro e Pedreira.

A aplicação de fungicida não é recomendada, tampouco, seria economicamente viável. Assim como a drenagem das áreas de pastagens, pois nem sempre a manifestação ocorre em áreas de baixadas. Mais do que isso problema de impedimento a drenagem nem sempre está nas camadas mais superficiais (0-40 cm), e assim os implementos disponíveis no mercado não seriam capazes de melhorar o escoamento de água do solo.

Resultados de pesquisa em Mato Grosso

Em Alta Floresta - MT foi conduzido um ensaio na Faz. Maringá (9°50'18" de latitude sul e 56°13'35" de longitude oeste) em área experimental da UNEMAT/Campus Alta Floresta/Embrapa Agrossilvipastoril, região amazônica, com 280 m de altitude, temperatura do ar média anual de 26°C, com precipitação entre 2500 e 2750 mm. Os cultivares utilizados foram *Brachiaria bizzantha* cvs. Marandu, Piatã e Xaraés, *Brachiaria* spp. cv. Mulato II, *Brachiaria humidicola* cv. Llanero, *Brachiaria ruziziensis*, *Panicum maximum* cvs. Mombaça, Tanzânia e Massai, e por fim, *Cynodon nlemfuensis* cv. Estrela roxa. Todos com cortes cada 28 dias de 01 de outubro de 2013 a 17 de maio de 2014).

No início da estação chuvosa (novembro/2013), o capim marandu já apresentava perfilhos amarelados, além de alguns já mortos em virtude de sintomas iniciados no final da estação de estabelecimento (2012/2013).

Isso já resultava em touceiras inteiras mortas. Ao final do período (abril/maio de 2014) foram identificados sintomas de SMB no Piatã e no Mulato II, embora menos severos que no Marandu. As demais cultivares não apresentaram sintomas.

O maior acúmulo de forragem foi registrado para o capim Mombaça, seguido do Tanzânia (Figura 8), colocando os capins do gênero *Panicum* no topo da lista de produção de forragem nessa condição. Esses capins têm sido bastante utilizados na reforma de pastos acometidos pela SMB, no entanto, para que sejam utilizados é importante adequar o sistema de produção. Quanto mais produtivo, mais estacional é a forrageira. Isso significa que a produção de forragem durante a estação seca é muito pequena e que esta não pode ser a única fonte de alimento na propriedade. É necessária a manutenção de área com outras plantas que sirvam para o diferimento, por exemplo.

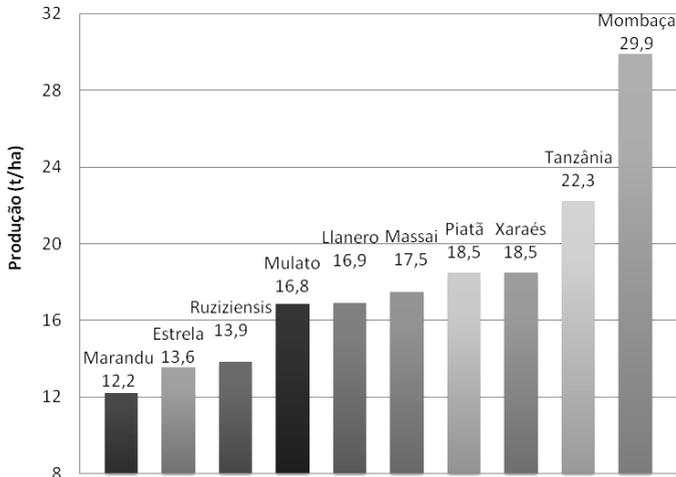


Figura 8. Acúmulo de forragem de dez cultivares em local acometido pela Síndrome da Morte do Marandu, em Alta Floresta – MT.

Num segundo patamar de produção encontram-se Xaraés, Piatã, Massai, Llanero e Mulato II com acúmulo médio de 17,6 t de MS/ha, seguidas de Ruziziensis, Estrela com 13,7 t de MS/ha. As cultivares Piatã e Mulato II, apesar do, ainda, bom desempenho já apresentam sintomas clássicos da SMB e não são recomendadas para substituição do Marandu nesses locais. Em anos consecutivos a produção tende a reduzir em decorrência da perda de touceiras e ao surgimento de plantas invasoras.

Por fim, o capim Marandu com acúmulo de forragem de 12,2 t de MS/ha. Isso demonstra o reduzido potencial dessa planta sob tais condições. Em diversas expedições, avaliando as pastagens no norte do Mato Grosso, esse provavelmente é um número que determina o potencial máximo de produção em área com a SMB e que limita o potencial de produção de carne ou leite. Acúmulos de forragem reduzidos a esse ponto obrigam a redução em taxa de lotação que, caso não seja feita, a degradação da pastagem será ainda mais acentuada. Nessas condições a reforma da pastagem precisa ser estudada e planejada para que seja feita em etapas, de acordo com orientação técnica de um profissional da área e com o potencial financeiro do produtor.

Solução estratégica

A diversificação das gramíneas forrageiras na propriedade é a solução estratégica (Andrade e Valentim, 2007). Nesse contexto, o uso de outras gramíneas (*Cynodon*, *Brachiaria*, *Panicum*, *Paspalum*) e leguminosas, tais como o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte), recomendado pela Embrapa Acre (Figura 9 e 10) tem sido uma das principais alternativas para recuperar pastagens degradadas de capim Marandu (Andrade e Valentim, 2007; Valentim et al., 2001). Além disso, o uso de várias espécies na propriedade propicia ao pecuarista maiores possibilidades de ganhos na atividade e reduz a chance de insucesso, como no caso em questão. É possível utilizar plantas com diferentes padrões de produção (estacionalidade de produção), mais ou menos tolerantes ao ataque de insetos, à deficiência hídrica, ao ataque de fungos, entre outros. Não se recomenda que um capim seja plantado em mais de 40% da área de uma propriedade, portanto, é aconselhável a utilização de pelo menos três plantas forrageiras numa propriedade. No caso dos capins, esses sempre devem ser plantados em pastos diferentes, isto é, não se deve misturar mais de um tipo de capim no mesmo piquete.

Para tanto a escolha da planta forrageira deve ser feita com base no diagnóstico da área. Recomenda-se análise de solo, correção da fertilidade, e se possível utilização de integração com agricultura para reduzir os custos de formação dessa nova pastagem. Posteriormente, o produtor deve atentar-se ao manejo, pois a pastagem é uma cultura perene que precisa de cuidados e manutenção adequada. Grande parte dos problemas relacionados às pastagens é devido ao caráter extrativista da atividade que leva a má utilização e, conseqüentemente, à degradação. No caso de renovação devido à síndrome da morte do capim Marandu, é de

suma importância o conhecimento do grau de adaptação do capim ao excesso de água no solo (Tabela 2), para que o estabelecimento da pastagem seja feito com sucesso (Figura 9 e 10) (Andrade e Assis, 2010), e não venha a degradar novamente. Ressalta-se que, em áreas onde exista o problema da SMB, insistir em ressemeiar o capim Marandu, ou simplesmente gradeá-lo na esperança de que ocorra autorregeneração não resolverá o problema.

Tabela 2. Grau de adaptação de plantas forrageiras ao encharcamento de solo (adaptado de Andrade & Assis, 2010).

| Adaptação | Gramíneas | Observação |
|------------------|--|--|
| Excelente | <i>Brachiaria humidicola</i> Estrela-roxa (<i>Cynodon nlemfuensis</i>) Tangola (<i>B. arrecta</i> x <i>mutica</i>) Tanner-grass (<i>B. arrecta</i>) | Podem ser plantadas em solos que tenham apresentado mortalidade |
| Bom | Tanzânia (<i>P. maximum</i>) Mombaça (<i>P. maximum</i>) Massai (<i>P. maximum</i>) Zuri (<i>P. maximum</i>) <i>B. decumbens</i> | Deve ser evitado o plantio em áreas sujeitas ao alagamento temporário do solo |
| Regular | Xaraés (<i>B. brizantha</i>) | Devem ser plantadas somente em solos arenosos e bem drenados |
| Ruim | Piatã (<i>B. brizantha</i>) Mulato II (Híbrido de <i>Brachiaria</i>) MG-4 (<i>B. brizantha</i>) | Pode apresentar mortalidade, mesmo em solos arenosos durante períodos de chuvas intensas |
| Péssimo | Marandu (<i>B. brizantha</i>) | Não recomenda-se, mesmo em solos arenosos |



Figura 9. Pastagens reformadas com grama-estrela e amendoim forrageiro no Acre, em solos de baixa permeabilidade, anteriormente ocupadas com capim Marandu. Foto: Carlos Mauricio Soares de Andrade.



Figura 10. Pastagens reformadas com Tangola no Acre, em solos de baixa permeabilidade, anteriormente ocupadas com capim Marandu. Foto: Carlos Mauricio Soares de Andrade.

Referências bibliográficas

- ANDRADE C.M.S., VALENTIM J.F. (2007) Síndrome da Morte do Capim-brizantão no Acre: Características, Causas e Soluções Tecnológicas, Documentos, Rio Branco. pp. 41.
- ANDRADE C.M.S., ASSIS G.M.L. (2010) *Brachiaria brizantha* cv. Piatã: gramínea recomendada para solos bem-drenados do Acre, Circular Técnica, Rio Branco. pp. 8.
- BRADY N.C., WEILL R.Y. (2002) The nature and properties of soils Prentice Hall, New Jersey.
- CAETANO L.P.S., DIAS-FILHO M.B. (2008) Responses of six *Brachiaria* spp. accessions to root zone flooding. Revista Brasileira de Zootecnia, 37:795-801.
- DIAS-FILHO M.B. (2005) Opções forrageiras para áreas sujeitas a inundação ou alagamento temporário, in: C. G. S. PEDREIRA, et al. (Eds.), Simpósio sobre Manejo da Pastagem, FEALQ, Piracicaba. pp. 71-93.
- DIAS-FILHO M.B. (2006a) Respostas morfofisiológicas de *Brachiaria* spp. ao alagamento do solo e a síndrome da morte do capim-marandu, Documentos, Belém. pp. 24.
- DIAS-FILHO M.B. (2006b) Respostas morfofisiológicas de *Brachiaria* spp. ao alagamento do solo e a síndrome da morte do capim-marandu., in: R. A. Barbosa (Ed.), Morte de pastos de braquiárias, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande. pp. 83-101.
- DIAS-FILHO M.B. (2011a) Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola Revista Brasileira de Zootecnia, 40:243-252.
- DIAS-FILHO M.B. (2011b) Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. 4. ed. rev., atual. e ampl. ed., Belém-PA. 215p.
- DIAS-FILHO, M.B. 2014. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402). Disponível em: <http://bit.ly/1v0USg3>.
- DIAS-FILHO M.B., de Carvalho C.J.R. (2000) Physiological and morphological responses of *Brachiaria* spp. to flooding. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 35:1959-1966.

- DIAS-FILHO M.B., Andrade C.M.S. (2005) Pastagens no ecossistema do trópico úmido, SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, SBZ, Goiânia. pp. 95-104.
- DUARTE M.L.R., Albuquerque F.C., Sanhueza R.M.V., Verzignassi J.R. (2007) Etiologia da podridão do coleto de *Brachiaria brizantha* em pastagens da Amazônia. Fitopatologia Brasileira, 32:261-265.
- EMBRAPA-GADO-DE-CORTE. (2004) Xaraés é o mais novo capim lançado pela Embrapa Gado de Corte.
- Embrapa. (2006) Sistema brasileiro de classificação de solos, Rio de Janeiro.
- FARIA V.P., PEDREIRA C.G.S., SANTOS F.A.P. (1996) Evolução do uso de pastagens para bovinos, Simpósio sobre Manejo de Pastagem, FEALQ, Piracicaba. pp. 1-14.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Censo agropecuário 1920/2006. Até 1996, dados extraídos de: Estatística do Século XX. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em: < <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/>>
- IMEA. (2011a) Bovinocultura Mato-Grossense, INSTITUTO MATOGROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA, Cuiabá. pp. 202.
- IMEA. (2011b) Relatório do Levantamento Sobre a Morte de Pastagem em Mato Grosso, INSTITUTO MATOGROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA, Cuiabá. pp. 4.
- INDEA. (2013) Bovinos existentes no Estado de Mato Grosso durante etapa de vacinação contra febre aftosa de Novembro de 2013, INSTITUTO DE DEFESA AGROPECUÁRIO DE MATO GROSSO, Cuiabá, pp. 5
- MACEDO M.C.M. (1995) Pastagens no ecossistema Cerrados: pesquisa para o desenvolvimento sustentável, in: SBZ (Ed.), Simpósio sobre Pastagens nos Ecossistemas Brasileiros, Brasília. pp. 28-62.
- NUNES S.G., BOOCK A., PENTEADO M.I.O., GOMES D.T. (1984) *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, in: EMBRAPA-CNPQC (Ed.), Campo Grande. pp. 31.
- RUBIO G., LAVADO R.S. (1999) Acquisition and allocation of resources in two waterlogging-tolerant grasses. New Phytologist, 143.

- SBRISSIA A.F., DA SILVA S.C. (2001) O ecossistema de pastagens e a produção animal, A produção animal na visão dos brasileiros – Reunião anual da SBZ, SBZ, Piracicaba. pp. 731-754.
- SOUZA L.C.D., YAMASHITA, O.M., CARVALHO, M.A.C. Qualidade de sementes de arroz utilizadas no norte de Mato Grosso. Revista Brasileira de Sementes, vol. 29, n. 2, p.223-228, 2007
- TEIXEIRA NETO J.F.T., SIMÃO NETO M., COUTO W.S., DIAS-FILHO M.B., SILVA A.B., DUARTE M.L., ALBUQUERQUE F.C. (2000) Prováveis causas da morte do capim-braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) na Amazônia Oriental: relatório técnico, Documentos 36, Belém. pp. 20.
- TORRES JUNIOR, A. DE M.; AGUIAR, G.A.M. Pecuária de corte no Brasil – potencial e resultados econômicos. In: TORRES JUNIOR, A. de M.; ROCHA, P.M. da; OLIVEIRA, F.P.W. de. Encontro de adubação de pastagens da Scot Consultoria – Tec-Fértil, 1, 25-26 de setembro de 2013, Ribeirão Preto, Anais, São Carlos : Suprema Gráfica e Editora, 2013. p. 9-14.
- VALE JÚNIOR J.F. (2003) Solos da Amazônia: A última fronteira agrícola, Simpósio Mineiro de Ciência do Solo, UFRR.
- VALENTIM J.F., CARNEIRO J.C., SALES M.F.L. (2001) Amendoim forrageiro cv. Belmonte: leguminosa para a diversificação das pastagens e conservação do solo no Acre, Circular Técnica, Embrapa Acre, Rio Branco. pp. 18.
- ZUNINGA P.C., GONZÁLEZ Q.R., BUSTAMANTE E. (1998) Influencia de la humedad del suelo sobre la susceptibilidad de *Brachiaria* a hongos patógenos. Manejo Integrado de Plagas, 49:51-57.

ASPECTOS FITOPATOLÓGICOS DA SÍNDROME DA MORTE DO BRAQUIARÃO

Luiz Fernando Caldeira Ribeiro¹
Bruno Carneiro e Pedreira²
Jobson Hideo Takada³
Johny do Nascimento Rosa³
Leonardo Matos de Oliveira³
Vanessa Takeshita³
Felipe Franco Oliveira³

Introdução

De acordo com Pedreira et al. (2014 – capítulo anterior) Síndrome da Morte do Braquiarião (SMB) foi pela primeira vez mencionada na literatura científica, em meados da década de 1990 e, depois, no Brasil. Nesses relatos, a causa da SMB foi relacionada a umidade excessiva do solo e ao ataque de fungos nas raízes do capim Braquiarião, principalmente em razão da reconhecida baixa tolerância desse capim ao excesso de água no solo (Dias-Filho e de Carvalho, 2000). De acordo com Dias-Filho (2006), a lógica para a associação entre a baixa adaptação do capim Braquiarião ao encharcamento do solo e a SMB seria que o excesso de água no solo agiria como fator de predisposição para a instalação do problema. Para Dias-Filho (2006), essa predisposição estaria ligada a mudanças no comportamento bioquímico e fisiológico da planta e nas características biológicas, físicas e químicas do solo, sob excesso de água. Nesse cenário, a planta de capim Marandu fica suscetível ao ataque de fungos fitopatogênicos. Embora, os fatores planta, chuva e solo tenham sido amplamente abordados no capítulo anterior e sua única solução seja a substituição do Braquiarião, este capítulo se propõe a elucidar de maneira mais profunda os aspectos fitopatológicos da SMB. E ainda, deixando

¹ Docente Adjunto do Curso de Agronomia – UNEMAT – AF – luizribeiro@unemat.br

² Eng^o Agrônomo, Doutor em Ciência Animal e Pastagens, pesquisador da Embrapa Agrossilvipastoril.

³ Acadêmico do Curso de Bacharelado em Agronomia – UNEMAT – AF

claro que não há indicação (ou argumentos agrônômicos ou econômicos) para de utilização de agroquímicos no controle da SMB.

A Síndrome da Morte do Braquiarião (SMB)

Segundo Agrios (1988): *“Doença é o mal funcionamento de células e tecidos do hospedeiro que resulta da sua contínua irritação por um agente patogênico ou fator ambiental e que conduz ao desenvolvimento de sintomas. Doença é uma condição envolvendo mudanças anormais na forma, fisiologia, integridade ou comportamento da planta. Tais mudanças podem resultar em dano parcial ou morte da planta ou de suas partes”*.

Dentre as causas de natureza não infecciosa destacam-se as condições desfavoráveis do ambiente (temperatura excessivamente baixa ou alta, deficiência ou excesso de umidade, deficiência ou excesso de luz, deficiência de oxigênio, poluição do ar), as deficiências e/ou desequilíbrios nutricionais e o efeito de fatores químicos.

Embora a definição de “doença de planta” de Agrios seja a mais abrangente, na prática, a proposta por Gäumann (1946) é a mais aceita entre os fitopatologistas, pois determina com maior clareza os limites de atuação da Fitopatologia. Nesse sentido, a representação clássica dos fatores que interagem para ocorrência de doenças em plantas é o triângulo, onde cada vértice representa um desses fatores (agente causal = patógeno; planta suscetível = hospedeiro; ambiente favorável = ambiente) (Figura. 1).

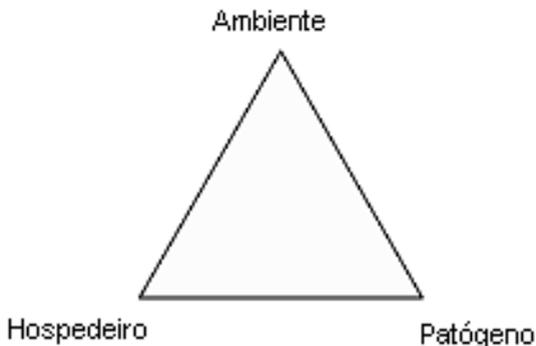


Figura 1. Representação clássica dos fatores que interagem para a ocorrência de doenças em plantas.

Do ponto de vista fitopatológico, as respostas das pastagens no período chuvoso é diferente quando comparado com o período de seca. A água que favorece o incremento da produção de forragens, também aumenta a umidade do microambiente, fator primordial para o desenvolvimento de diversos patógenos e, conseqüentemente, de doenças.

A região norte do estado de Mato Grosso apresenta as características climatológicas de um longo período chuvoso, que vai de outubro a abril, onde tem-se um período de transição e esporadicamente ocorre chuvas nos meses de maio e setembro. A temperatura média anual é de 26°C, precipitação média anual de 2500 a 2750 mm. Nesse cenário, a ocorrência de doenças no campo, onde o hospedeiro é cultivado, é frequente. No entanto, o aparecimento de epidemias severas é uma exceção, pois a presença numa mesma área de plantas suscetíveis e patógenos virulentos nem sempre garantem epidemias, reforçando a influência do ambiente e cabendo ao mesmo alterações frequentes e importantes no desenvolvimento da doença e no ciclo da cultura.

Uma forrageira pode ser lançada no mercado como resistente a uma praga e/ou uma determinada condição ambiental. Nesse capítulo será adotado o conceito de resistência elaborado por Parlevliet (1997) que conceitua resistência como a habilidade da planta em suprimir, retardar ou prevenir a entrada ou a subsequente atividade do patógeno (crescimento e desenvolvimento) em seus tecidos. No entanto, fatores externos podem alterar a resistência de uma determinada cultivar de forragem, tornando-a dessa forma suscetível a um ou mais microrganismos fitopatogênicos. Assim, a predisposição é caracterizada por uma condição de maior ou menor suscetibilidade da planta ao patógeno, determinada por fatores não genéticos que atuam antes ou durante o processo de infecção e colonização (BEDENDO & AMORIM, 2011).

Os fatores ambientais não atuam somente nas pastagens, influenciando diretamente ou indiretamente na fase de sobrevivência, disseminação e infecção dos patógenos. São fatores que regulam uma epidemia, atuando tanto no hospedeiro como no patógeno, principalmente a umidade, a temperatura, nutrição, pH do solo e o fotoperíodo.

No capítulo anterior, foi destacado a importância da água na incidência e severidade da SMB. A predisposição da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu ao ataque de agentes patogênicos é regulada pelo excesso e deficiência de água e pela duração e intensidade do estresse hídrico.

O alagamento do solo normalmente é capaz de diminuir de forma significativa a capacidade fotossintética, através de mecanismos

estomáticos ou não estomáticos (DIAS-FILHO & CARVALHO, 2000; LIAO & LIN, 2001). É reconhecido que a anoxia induz mudanças no metabolismo de proteínas e aminoácidos livres, com incremento na composição, quantidades e interconversão de aminoácidos, além da alteração na atividade de várias enzimas (LIAO & LIN, 2001; RAMOS et al., 2011).

Solos classificados como latossolos e argissolos, altamente intemperizados, com argilas de baixa atividade, com predomínio de caulinita, e de óxidos e hidróxidos de alumínio e ferro são característicos da Amazônia Meridional. Devido a essas características, o solo tende a ser propenso a alteração física. Sendo o pisoteio do gado, trânsito de máquinas e implementos e o impacto das gotas de chuva, responsáveis pela diminuição da aeração do solo e proporcionando a compactação e manutenção da umidade que beneficia a ocorrência da SMB. Outro fator que podem influenciar a SMB é a falta de nutrientes no solo, que predispõe a planta ao patógeno. No entanto, segundo Andrade & Valentim (2007), solos de depressão, por serem de baixa permeabilidade, são pouco lixiviados e geralmente possuem argila de alta atividade e elevados teores de bases trocáveis. O reconhecimento deste fato permite descartar a hipótese de que a SMB estaria relacionada com o empobrecimento do solo.

A água, pelo seu efeito sobre as condições de umidade e de temperatura, favorece o desenvolvimento de muitas doenças, as quais antes não constituíam problemas para a cultura no período seco.

O desenvolvimento de doenças em pastagens depende da interação dos fatores ambientais, da natureza específica do patógeno e da cultivar utilizada. O efeito da água sobre a microflora do solo tem reflexo direto no desenvolvimento de patógenos habitantes do solo, como por exemplo, *Pythium* spp. *Rhizoctonia* spp. *Phytophthora* spp., *Fusarium* spp., os quais são mais severos em solos encharcados e favorecem a sobrevivência das estruturas fúngicas presentes em restos de cultura e sobre outras fontes de inóculo no solo. A persistência de patógenos nos solos e na camada superficial, em restos culturais, está inversamente correlacionada com a frequência de água disponível no solo. Nesse caso, a disponibilidade de água pode exercer um importante papel na diminuição de sobrevivência de inóculo no solo de uma safra para outra.

O desenvolvimento de um patógeno de solo e conseqüentemente da doença é influenciado pela água no sistema, podendo limitar ou incrementar o desenvolvimento do patógeno. Quando o solo está saturado

de água e consequentemente a aeração é deficiente, o desenvolvimento de fungos do gênero *Rhizoctonia* spp. é limitado e o desenvolvimento de fungos oomicetos (*Phythium* spp e *Phytophthora* spp) são incrementados, pois esses fungos encontram mais adaptados a baixo níveis de oxigênio, isso não implica que os oomicetos estejam restritos a solos com deficiência de oxigênio.

Outro mecanismo relacionado à maior sensibilidade a infecções por patógenos, em plantas cultivadas em solos com excesso de umidade, seria a capacidade em atrair patógenos exercida por compostos orgânicos solúveis, exudados pelas raízes (BRAENDLE e CRAWFORD, 1999). Por exemplo, a exudação de etanol (composto metabolizado pela planta sob anoxia), normalmente em maior abundância nas espécies menos tolerantes ao alagamento (BARTA, 1987), teria a capacidade de atrair zoósporos de fungos e fornecer substratos para a colonização de micélios no tecido vegetal (ALLEN, 1974; YOUNG e NEWHOOK, 1977). Ademais, solos alagados teriam, ainda, a capacidade de aumentar a mobilidade de zoósporos, facilitando a intensidade e o alastramento do problema (DIAS-FILHO, 2006).

Alguns dos agentes causais que foram detectados em isolados de plantas forrageiras são os fungos fitopatogênicos: *Rhizoctonia*, *Fusarium* e *Pythium*, de regiões como a Costa Rica (ZÚÑIGA PEREIRA et al., 1998), no Pará (DUARTE et al., 2006), no Mato Grosso (MARCHI et al., 2006) e no Acre (ANDRADE & VALENTIM, 2007).

Muitos produtores e pesquisadores associam a ocorrência de SMB a presença de nematoides. Os nematoides fitoparasitas são inteiramente dependentes da água para a sua atividade. Algumas espécies podem sobreviver em condições de solos seco, mas dependem do restabelecimento da umidade do solo para se mover, alimentar e reproduzir (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1970). A flutuação na umidade do solo, devido à água da chuva é um dos principais fatores a influenciar o incremento da população de nematóides. Em condições de solos secos ocorre uma redução da população de *Meloidogyne* spp. Em condições de solos encharcados, devido à falta de oxigênio e presença de toxinas produzidas por microrganismos anaeróbicos acarreta em uma redução da população desse gênero. Sabendo-se que os nematóides são mais ativos em solos com conteúdo de umidade entre 40 a 60% da capacidade de campo (LORDELLO, 1973).

Os fitonematoides para realizar a sua movimentação e para a eclosão das larvas necessitam de um filme de água livre no solo. Portanto, a

estrutura do solo, a umidade e a aeração estão fortemente correlacionadas à atuação desses microrganismos. Quando os poros do solo estão saturados de água, o nematoide move-se ineficientemente e, quando a aeração torna-se limitante, ele torna-se inativo (NATIONAL ACADEMY OS SCIENCE, 1970).

A suscetibilidade da pastagem e a virulência do patógeno podem ser afetadas, simultaneamente, pelo nível de umidade do solo. Essa síndrome manifesta-se durante a época chuvosa, principalmente em áreas que apresentam solos com drenagem deficiente, situadas em regiões com períodos chuvosos intensos e com altas temperaturas e níveis de umidade do ar (DIAS FILHO, 2005).

Solos encharcados podem contribuir para aumentar a suculência dos tecidos e das raízes, facilitando a penetração e colonização, principalmente de fungos e nematóides. Segundo Dias-Filho (2005) estudos morfofisiológicos mostraram que a SMB teria a sua origem a partir de alterações fisiológicas e morfológicas sofridas por esse capim, quando exposto a períodos de excesso de água no solo. Essas alterações afetariam o metabolismo do capim Marandu, tornando-o mais suscetível a ataques oportunistas de fungos patogênicos e nematóides, os quais, em condições normais, não seriam capazes de causar danos sérios à planta. A deficiência de oxigênio reduz a produção de ATP, afetando diversos aspectos do metabolismo celular (FUKAO & BAILEY-SERRES, 2004; SOUSA & SODEK, 2002). Essa queda na produção de ATP restringe o suprimento de energia para o crescimento das raízes, reduzindo o desenvolvimento geral da planta (DIAS-FILHO, 2006).

Devido a essa problemática nas pastagens na Amazônia Meridional, foi realizado um levantamento dos microrganismos fitopatogênicos e das características química e física dos solos atacados pela SMB no município de Alta Floresta.

O presente levantamento foi conduzido a campo, no município de Alta Floresta – MT, distante cerca de 830 km da capital, Cuiabá, sob as coordenadas geográficas 56° 5'09''W e 9°52'33''S com altitude de 283 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen (1948), é Clima Tropical chuvoso, com duas estações bem definidas: verão chuvoso e inverno seco, com temperaturas entre 20° a 38 °C, tendo em média 26°C, nos meses chuvosos sua pluviosidade pode atingir médias muito elevadas, algumas vezes superiores a 2.750mm.

O relevo é suave ondulado, apresentando topos de elevação com 2% de declividade e erosão nula (BRASIL, 1980) podendo ser dividido em

quatro unidades geomorfológicas: depressão interplanáltica da Amazônia meridional, planaltos dos Apicás-Sucunrudi, planalto dissecado da Amazônia e os planaltos residuais do norte de Mato Grosso. O material originário do solo provém de rochas cristalinas do Xingu pré-cambriano, sendo o solo predominante do grupo dos Argissolo (Amarelo e Vermelho-Amarelo), e em pequenos percentuais, Latossolos entre outros tipos.

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente realizou um levantamento das áreas (propriedades rurais) com ocorrência da SMB existentes no município de Alta Floresta, contendo a localização por setor das propriedades (nome dos proprietários, nome da propriedade, e comunidade pertencente). Assim, em 45 propriedades foram coletadas amostras em área com ou sem ocorrência da SMB (Foto 1). O início das coletas se deu no ano de 2012 no período da seca e encerrou no ano de 2013 no fim do período chuvoso.

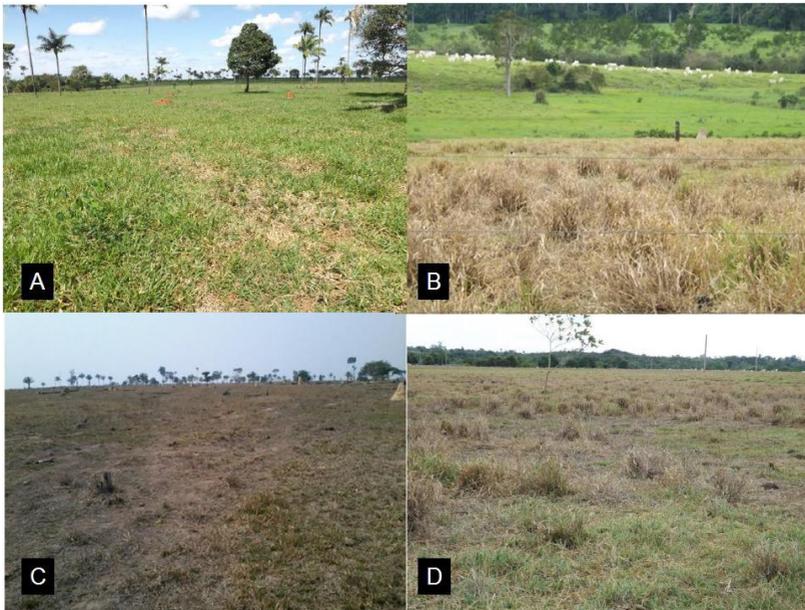


Figura 2. Locais de coletas de amostras. A - Área com início da SMB; B - Área com/sem a SMB; C e D - Área devastada pela SMB

Após a coleta a campo, as amostragens foram levadas ao Laboratório de Fitopatologia (LabFit) da Universidade Estadual de Mato Grosso/Alta Floresta, onde foi feita análise microbiológica para o isolamento de

fungos do gênero *Pythium*spp., *Phytophthora* spp. e *Rhizoctonia* spp. A classificação dos fungos isolados foi adotado por Menezes & Oliveira (1993) e por Alexopoulos et al. (1996).

Para a análise de química e física do solo coletado, as amostragens foram levadas ao Laboratório de Solos e Análise Foliar (LaSAF), da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) de Alta Floresta, realização de análise de solo (EMBRAPA, 1997).

Nas áreas com manchas de SMB foram detectados cinco gêneros de fungos e um de nematoide (Tabela 1). A distribuição dos gêneros de microrganismos fitopatogênicos isolados da área com mancha ficou com a seguinte distribuição: 100% das amostras apresentaram o gênero *Fusarium*, 65% com *Verticilium*, 50% com *Rhizoctonia*, 76% com *Pythium*, 84% com *Phytophthora* e 45% com nematóide do gênero *Pratylenchus*.

Na área sem manchas, ou seja, teoricamente sem a SMB foram encontrados os mesmos gêneros que na área com a SMB, no entanto, houve a uma diferença estatística na ocorrência. Dessa forma, 65% das amostras apresentaram o gênero *Fusarium*, 35% com *Verticilium*, 15% com *Rhizoctonia*, 25% com *Pythium*, 30% com *Phytophthora* e 10% com nematóide do gênero *Pratylenchus*.

Tabela 1. Ocorrência de microrganismos detectados em amostras coletadas em áreas com e sem sintomas da Síndrome.

| Patógeno | Área com Síndrome | Área sem Síndrome |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|
| <i>Fusarium</i> spp. | 45 a | 29 b |
| <i>Verticilium</i> spp. | 29 a | 15 b |
| <i>Rhizoctonia</i> spp. | 23 a | 07 b |
| <i>Pythium</i> spp. | 34 a | 11 b |
| <i>Phytophthora</i> spp. | 39 a | 13 b |
| Nematoide (<i>Pratylenchus</i> spp) | 20 a | 04 b |

Médias de três repetições por tratamento. Médias seguidas das mesmas letras minúsculas (colunas) não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A diferença na detecção e identificação dos mesmos gêneros nas áreas de manchas e sem a mancha possibilita afirmar que a Síndrome está associada aos fungos de solo. Outro trabalho de identificação feito a partir de plantas da cultivar Marandu em áreas com morte de pastagens, constataram a presença dos patógenos *Pythium* spp. e *Rhizoctonia solani*

(ALBUQUERQUE et al., 2000). Esses autores afirmam que a ocorrência da doença estaria relacionada com o excesso de umidade no solo e a alta umidade relativa do ar.

O excesso da água nas pastagens pode causar impactos em todos os estádios de desenvolvimento, tanto dos patógenos quanto da planta forrageira, assim como da doença nas diversas etapas do ciclo das relações patógeno-hospedeiro. Também pode afetar outros organismos com os quais a forragem e os patógenos interagem, como microrganismos endofíticos, saprófitas ou antagonistas, além de outros componentes do agroecossistema.

Solos encharcados afetam o desenvolvimento radicular das pastagens, e conseqüentemente a interceptação radicular dos nutrientes, ou seja, solos com altos teores de água prejudicam a aeração do solo, prejudicando o crescimento radicular. Quando a respiração aeróbica cessa nas raízes, os níveis de energia caem rapidamente, reduzindo a absorção e transporte de íons (KOZLOWSKI, 1997). Assim, o alagamento ou o encharcamento do solo pode causar redução imediata nas trocas gasosas entre a planta e o meio ambiente (LIAO & LIN, 2001). Por outro lado, sistemas radiculares privados de oxigênio são pouco eficientes em suprir nutrientes minerais para si mesmos e para a parte aérea (LIAO & LIN, 2001).

Segundo Liao & Lin (2001) o alagamento do solo causa redução na taxa de translocação de carboidratos das folhas para as raízes e diminuição do crescimento e das atividades metabólicas das raízes, que, por sua vez, passam a demandar por menos carboidratos. Tais transformações provocariam acúmulo de amido nas folhas e esgotamento de carboidratos nas raízes.

Em condições desfavoráveis pode ocorrer um desbalanço na absorção de determinados nutrientes, principalmente os macronutrientes (N, P, K), tendo como conseqüência na planta um acúmulo de substâncias ditas “vacuolares”, na forma de sal mineral ou ácidos orgânicos. Segundo Dufrenoy (1936) toda circunstância desfavorável à formação de nova quantidade de citoplasma, isto é, desfavorável ao crescimento, tende a provocar, na solução vacuolar das células, um acúmulo de compostos solúveis inutilizados, como açúcares e aminoácidos. Este acúmulo de produtos solúveis parece favorecer a nutrição de microrganismos parasitas e, portanto, diminuir a resistência da planta às doenças parasitárias.

Para Tomiyama (1969), o acúmulo de amido, o aumento de protídeos, os compostos fenólicos e a respiração indicam que os materiais transportados estão relacionados com um metabolismo acelerado no tecido que se mostra resistente ao ataque. Isto significa que a planta ou, mais precisamente, o órgão será atacado somente na medida em que seu estado bioquímico, determinado pela natureza e pelo teor em substâncias solúveis nutricionais, corresponda às exigências tróficas do parasita em questão (CHABOUSSOU, 2006).

Conforme já comentado no início desse capítulo, a predisposição baseia-se na alteração da suscetibilidade do hospedeiro, influenciando desde o estabelecimento da doença numa cultura até o desencadeamento da epidemia, portanto, uma planta nutrida adequadamente, ou seja, os nutrientes requeridos são fornecidos de forma e quantidade correta o hospedeiro apresenta uma resistência maior. No entanto, tanto a falta como o excesso de nutrientes pode proporcionar uma mudança na resistência da planta forrageira. Solos com baixo teor de água dificultam o fluxo de água no solo, aumentando o seu potencial matricial, a ponto de impedir a absorção da água no solo, prejudicando também o crescimento radicular (REICHARDT & TIMM, 2004).

Entretanto, podendo-se afirmar que o problema de morte de extensas áreas das pastagens também está associado, principalmente, a outras causas, como a degradação do solo e das pastagens e de estiagem prolongada (VALÉRIO et al., 2000; VALLE et al., 2000), mas que, de fato, não se trata de SMB.

Novamente, é importante salientar que não é a fertilidade do solo o fator de predisposição das plantas forrageiras aos microrganismos fitopatogênicos do solo, pois em estudo realizado por Rosa (2013) não ocorreu uma diferença significativa na concentração de macronutrientes quando comparado às áreas com e sem a SMB (Tabela 2).

Tabela 2. Comparação de pH CaCl₂, Matéria Orgânica (M.O.), fósforo (P), potássio (K), Magnésio (Mg) e Cálcio (Ca) em regiões do município de Alta Floresta com e sem a Síndrome da Morte do Braquiarião

| Regiões/Situação | pH CaCl ₂ | M.O. | P | K | Mg | Ca |
|------------------|-------------------------|--------|-----------------------------------|---------|-------|-------|
| | | | -----mmolc dm ⁻³ ----- | | | |
| Leste/Sem SMB | 4,98a | 21,13a | 5,40a | 103,97a | 1,10a | 2,11a |
| Leste/Com SMB | 4,65a | 12,40a | 5,57a | 43,60b | 0,34b | 1,25b |
| Norte/Sem SMB | 4,80a | 8,50a | 4,69a | 38,57b | 1,23a | 1,95a |
| Norte/Com SMB | 4,91a | 8,06a | 5,32a | 40,24b | 0,39b | 0,89b |
| Oeste/Sem SMB | 4,81a | 1,86a | 4,61a | 102,29a | 1,25a | 1,65a |
| Oeste/Com SMB | 4,76a | 13,42a | 5,04a | 67,08b | 0,55b | 0,65b |
| Sul/Sem SMB | 502a | 8,23a | 4,25a | 98,94a | 1,26a | 1,60a |
| Sul/Com SMB | 4,93a | 8,86a | 2,95a | 36,89b | 0,71b | 0,93b |
| CV | 19,54 | 66,32 | 35,53 | 36,83 | 29,96 | 32,05 |

Médias de três repetições por tratamento. Médias seguidas das mesmas letras minúsculas (colunas) não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A acidez do solo está mais relacionada com o patógeno do que com o hospedeiro. Contudo, em solos ácidos, observa-se a diminuição do vigor da planta forrageira, decorrente de uma menor absorção de nutrientes. O ambiente pode promover alteração na sobrevivência, germinação, penetração e reprodução de patógenos veiculados pelo solo. Patógenos de natureza fúngica são favorecidos em solos de pH ácidos, enquanto que os bacterianos causam maiores danos em pH próximos a neutralidade.

A matéria orgânica do solo associa-se em resíduos de plantas e de animais em diferentes decomposições. O nível de M.O. presente no solo influencia beneficemente de várias formas: melhora a condição física do solo, aumenta a infiltração e retenção de água. Segundo Visconti (2008) a M.O. está relacionada ao conceito de equilíbrio biológico, pois cria um ambiente inóspito ao patógeno, reduzindo potencialmente a fonte de inóculo a ponto de não causar danos à cultura. A degradação da matéria orgânica afeta drasticamente a composição bacteriana, contudo, afeta também as populações e atividades dos agentes de biocontrole (COTXARRERA et al. 2002). Contudo, a matéria orgânica não difere entre si estatisticamente pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade, quando comparada a área que manifesta a síndrome ou não.

Segundo Hoffland et al. (2000) a suscetibilidade a um patógeno é resultado da interação de dois fatores, sendo o primeiro o valor da planta como fonte de nutrientes e energia para o patógeno, e o segundo a presença de componentes de defesa que previnem a infecção e/ou colonização. Esses fatores são diferentemente afetados pela disponibilidade de nitrogênio e variações no balanço desses dois fatores em diferentes patossistemas explicam as variações na severidade da doença em decorrência de maior ou menor disponibilidade de nitrogênio.

O fósforo pode influenciar positivamente ou negativamente a severidade da doença, em função do hospedeiro e do patógeno envolvido. Segundo Bedendo e Amorim (2011), há casos em que o fósforo propicia maior resistência, devido a atribuição de melhorias do balanço nutricional na planta, aumentando em seu vigor, ocorrendo o aumento da velocidade na maturação dos tecidos, encurtando o período de suscetibilidade do hospedeiro. No entanto, o fósforo não difere entre si em áreas que ocorre ou não ocorre à SMB.

De acordo com Bedendo e Amorim (2011) o potássio não exerce condições favoráveis às doenças. Pois a nutrição balanceada em potássio, acarreta resistência a planta. Além de dificultar estabelecimento e desenvolvimento do patógeno no hospedeiro, podendo atuar indiretamente, ocasionando a cicatrização de ferimentos e por fim, dificultando a penetração de agentes patogênicos. A presença de potássio em áreas que ocorre a síndrome difere significativamente de áreas que não ocorre à mesma, podendo ainda ser associado a solos ácidos, causando dificuldade na absorção de nutrientes.

Nota-se que tanto para Ca, quanto para Mg, ocorre maior porcentagem em áreas sem a ocorrência da moléstia havendo diferença significativa. Em solos com ocorrência da síndrome, pastos em processos de degradação, ou até mesmos já degradados, os nutrientes apresentam deficiência em relação à quantidade, sendo que este sofre a influência de solos ácidos. Pois, solos ácidos inibem a absorção de nutrientes, deixando a pastagem, mas vulnerável a ataque de patógenos.

Analisando a composição física do solo, Oliveira (2013) buscou-se identificar se de algum modo essa composição contribuiu ou não para que ocorresse a SMB nas áreas coletadas em torno do Município de Alta Floresta-MT (Tabela 3).

Tabela 3. Comparação de teores de areia, argila e silte em regiões do município de Alta Floresta com e sem a Síndrome da Morte do Braquiarião

| Regiões/Situação | Areia | Argila | Silte |
|----------------------|---------------|----------|----------|
| | ----- % ----- | | |
| Leste Sem a Síndrome | 56,01 aA | 32,60 aB | 11,39 aC |
| Leste Com a Síndrome | 60,33 aA | 24,51 aB | 15,16 aC |
| Norte Sem a Síndrome | 62,61 aA | 33,82 aB | 3,57 aC |
| Norte Com a Síndrome | 69,35 aA | 26,04 aB | 4,61 aC |
| Oeste Sem a Síndrome | 65,67 aA | 27,31 aB | 7,02 aC |
| Oeste Com a Síndrome | 70,35 aA | 21,52 aB | 8,13 aC |
| Sul Sem a Síndrome | 70,74 aA | 24,63 aB | 4,63 aC |
| Sul Com a Síndrome | 66,30 aA | 27,64 aB | 6,06 aC |
| C.V. (%) | 18,41 | 39,75 | 32,76 |

Médias de três repetições por tratamento. Médias seguidas das mesmas letras minúsculas (colunas) e maiúsculas (linhas) não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Apesar de este trabalho apontar que a composição física dos solos coletados não teve significância com a morte das pastagens, é importante ter o conhecimento através de bibliografias abaixo que a composição física do solo pode contribuir com a incidência abundantemente de alguns nematóides e ocorrência de outras doenças radiculares se estiver em um estado que esteja afetando a raiz de alguma planta.

De acordo com Norton (1976) as características físico-químicas do solo são também determinantes em doenças radiculares. Dentre as características físicas, destaca-se a textura do solo. Alguns nematoides desenvolvem-se mais abundantemente e causam danos maiores em certos tipos de textura de solo. Por exemplo, *Belonolaimus* spp, *Meloidogyne* spp, *Longidorus* spp. e *Trichodorus christiei* são encontrados mais frequentemente e em maior densidade em solo altamente arenoso ou poroso. *Pratylenchus zaei* é mais comum em solos arenosos, mas *P. hexincisus* é abundante entre solos de textura média a pesada.

A matriz do solo, juntamente com a solução e a atmosfera do solo, influencia o desenvolvimento, o crescimento e o arranjo ou arquitetura das raízes, sendo esse arranjo um importante componente para doenças radiculares, pois o arranjo espacial das raízes no solo refletirá

possivelmente a agregação vertical ou horizontal do inóculo do fitopatógeno habitante do solo (McDonald, 1994).

Em contraste com a textura, a estrutura física do solo, que se refere à agregação das partículas do solo, é altamente mutável, particularmente em agroecossistemas, afetando as propriedades do sistema do solo (FAGERIA, 1989; TSAI et al., 1992), tendo efeitos diretos e indiretos sobre a microbiota (LIDDELL, 1997).

A estrutura física do solo é basicamente uma medida de agregação das partículas minerais e orgânicas no solo, a qual afeta os espaços porosos. A estrutura física do solo é extremamente importante por que a quantidade de espaços porosos no solo causa impacto sobre o crescimento de raízes, absorção da água no solo, infiltração da água através do solo, capacidade de retenção de umidade e disponibilidade de oxigênio (WHEELER & RUSH, 2001).

Solos com uma estrutura física pobre podem aumentar a incidência e severidade de doenças radiculares. Como exemplo, duripans são frequentemente causados por cultivo excessivo com equipamentos agrícolas como os arados de aiveca. Duripan é uma camada de solo altamente compactada que impede o movimento das raízes e da água. O reduzido crescimento das raízes e o aumento da umidade do solo, diretamente acima do duripan, propiciam um ambiente favorável para muitos patógenos radiculares como os nematóides e os fungos zoospóricos. Qualquer condição que afeta negativamente o crescimento da planta e propicia um ambiente ótimo para o fitopatógeno, provavelmente aumentará a incidência e severidade de doenças.

O fracionamento da camada de duripan por aração profunda pode ter um impacto dramático sobre o crescimento da planta e reduzir significativamente as perdas causadas por muitas doenças (WHEELER & RUSH, 2001).

Portanto, a classe textural de um solo é uma característica importante de um solo, pois varia muito pouco ao longo do tempo. A mudança somente ocorrerá se houver mudança da composição do solo devido à erosão seletiva e/ou processos de intemperismo que ocorrem em escala de séculos a milênios. Portanto, o uso e o manejo do solo afetam muito pouco a textura de um solo, implicando no fato de que na propriedade rural, em área com classe textural similar, as variações da qualidade física estão associadas à variação de outras propriedades físicas (MALAVOLTA, 1976).

Considerações finais

A somatória de monocultivo de capim Marandu com altos índices pluviométricos e fungos de solo seriam o suficiente para justificar a mortalidade das plantas forrageiras e descrever a SMB. No entanto, quando associa-se a essas condições problemas de degradação, manejo das pastagens, cigarrinha e fertilidade de solo a que se considerar que a velocidade de ocorrência dos processos são acelerados e com isso, a mortalidade pode se apresentar com mais intensidade. Por isso, a solução para a SMB passa necessariamente por um novo enfoque na pecuária, o qual tem que incluir a substituição e diversificação das plantas forrageiras (Pedreira et al., 2014), além de orçamentação e planejamento forrageiro, análise de solo e acompanhamento de fertilidade, mensuração e gerencia de índices zootécnicos e econômicos.

Referências bibliográficas

- ALBUQUERQUE, F. C.; et al. **Ocorrência da podridão do coleto do capim braquiário no Estado do Pará.** Fitopatologia Brasileira, Brasília, DF, v. 25, p. 352, ago. 2000. Suplemento, ref. 165. Edição dos Resumos do XXXIII Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Belém, ago. 2000.
- ALEXOPOULOS C. J, MIMS C. W & BLACKWELL M. **Introductory Mycology.** 4th ed. New York, John Wiley & Sons. 869 pp. 1996
- ALLEN, R. N. Ethanol in lupin radicles. **New Zealand Journal of Botany**, v. 12, p. 179-183, 1974.
- ANDRADE, C. M. S.; VALENTIM, J. F. **Síndrome da morte do capim-brizantão no Acre: características, causas e soluções tecnológicas.** Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2007. 40 p. (Embrapa Acre. Documentos, 105).
- ARMSTRONG, W.; BRÄNDLE, R.; JACKSON, M.B. Mechanisms of flood tolerance in plants. **Acta Botanica Neerlandica.** v.43, p.307-358, 1994.
- BARTA, A. L. Supply and partitioning of assimilates to roots of *Medicago sativa* L. and *Lotus corniculatus* L. under anoxia. **Plant Cell and Environment**, v. 10, p. 151-156, 1987.
- BEDENDO, I. P. ; AMORIM, L. . **Ambiente e Doença.** In: L. AMORIM; J.A.M. Rezende; A. Bergamin Filho. (Org.). Manual de Fitopatologia : Princípios e Conceitos. IVed. São Paulo: Ceres, 2011, v. I, p. 133-147.
- BRAENDLE, R.; CRAWFORD, R. M. M. Plants as amphibians. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 2/1, p. 56-78, 1999.
- CHABOUSSOU F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: novas bases de uma prevenção contra doenças e parasitas: a teoria de trofobiose.** 1th ed. São Paulo, Expressão Popular. 320 pp. 2006
- COTXARRERA, L.; TRILLAS-GAY, M. I.; STEINBERG, C.; ALABOUVETTE, C. Use of sewage sludge compost and *Trichodermaasperellum* isolates to suppress usarium wilt of tomato. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, UK, v. 37, n. 1, p. 467-476, 2002.
- DIAS-FILHO, M. B. **Respostas morfofisiológicas de *Brachiaria* spp. Ao alagamento do solo e a síndrome da morte do capim marandu.**

- In: BARBOSA, R. A. (Ed.). Morte de pastos de braquiárias. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006. p. 83-102.
- DIAS-FILHO, M.B. Opções forrageiras para áreas sujeitas a inundação ou alagamento temporario. In: PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C.; DA SILVA, S.C.; FARIA V.P. de (Ed.). Simpósio sobre manejo de pastagem, 22. Teoria e pratica da produção animal em pastagens. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2005, p.71-93.
- DIAS-FILHO, M.B. Respostas morfofisiológicas de *Brachiaria* spp. ao alagamento do solo e a síndrome da morte do capim marandu. In: WORKSHOP "**MORTE DE CAPIM-MARANDU**", 2005. Cuiabá: Embrapa Gado de Corte, 2005a.1 CD-ROM.
- DIAS-FILHO, M.B.; DE CARVALHO, C.J. Physiological and morphological responses of *Brachiariaspp.* to flooding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.35, p.1959-1966, out. 2000.
- DUARTE, M. L. R.; SANHUEZA, R. M. V.; VERZIGNASSI, J. R. Aspectos fitopatológicos da morte do capim-braquiarião (*Brachiaria brizantha*). In: BARBOSA, R. A. (Ed.). **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006. p. 103-114.
- DUFRENOY J. Le traitement du sol, désinfection, amendement, fumure, em vue de combattre chez les plantes agricoles de grande culture les affections parasitaires et les maladies de carence. **Ann. Agron. Suisse**, p. 680-728. 1936.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Revista e atualizada. Rio de Janeiro, 1997.
- FAGERIA, N.K. **Solos Tropicais e Aspectos Fisiológicos das Culturas**. Brasília. EMBRAPA/DPU. 1989.
- FUKAO, T.; BAILEY-SERRES, J. Plant responses to hypoxia – is survival a balancing act?. **Trends in Plant Science**, v. 9, p. 449-456, 2004.
- HOFFLAND, E.; JEGER, M.J.; van BEUSICHEM, M.L.; Effect os nitrogen supply rate on disease resistance in tomato depends on the pathogen. **Plant and Soil** 218: 239-247, 2000
- KOZLOWSKI, T.T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology**, Victoria, v.1, 1997. Disponível em: <http://www.heronpublishing.com/tp/monograph/kozlowski.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2005.

- LIAO, C.T.; LIN, C.H. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. **Proceedings of the National Science Council, Republic of China. Part B, Life sciences**, 25(3), 148-157, 2001.
- LIDDELL, C.M. Abiotic factors and soilborne diseases. In: HILLOCKS, R.J. & WALLER, J.M. (Eds.) **Soilborne Diseases of Tropical Crops**. Wallingford. CAB International. 1997. pp.365-376.
- McDONALD, J.D. The soil environment. In: Campbell, C.L. & BENSON, D.M. (Eds.) **Epidemiology and Managment of Root Diseases**. Hidelberg.Springer-Verlag. 1994. pp.82-115.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: Nutrição de plantas e fertilizantes do solo**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1976.
- MARCHI, C. E.; FERNANDES, C. D.; SANTOS, J. M.; JERBA, V. F.; FABRIS, L. R. Mortalidade de *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu: causa patológica? In: BARBOSA, R. A. (Ed.). **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006. p. 115-134.
- MENEZES, M.; OLIVEIRA, S.M.A. **Fungos fitopatogênicos**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1993. 350p.
- NORTON, D.C. Relationship of physical and chemical factors to populations of plantparasitic nematodes. **Annual Review of Phytopathology** 17: 279-299. 1979.
- OLIVEIRA, L. M. **Características físicas do solo afetado pela síndrome da morte das pastagens em Alta Floresta - MT**. 2013. 31f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia) - Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta. 2013.
- PARLEVLIET, J.E. Present concepts in breeding for diseaseresistance. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.7-15, 1997.Suplemento.
- PEDREIRA, B.C.; et al. Síndrome da Morte do Braquiarião em Mato Grosso. In: PEDREIRA, B.C., PEREIRA. D.H.; PINA, D.S.; CARNEVALLI, R.A.; LOPES, L.B. (Ed.). **Anais do 1º Simpósio de Pecuária Integrada**. Sinop:GEPI, 2014. p.xxx-xxx.
- REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2004. 478p
- ROSA, J. N. **Características químicas dos solos afetados pela síndrome da morte das pastagens em Alta Floresta–MT**. 2013. 54f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia) - Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta. 2013

- SANTOS FILHO, L. F. Producción de semillas: el punto de vista del sector privado brasileño. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. (Ed.). **Brachiaria: biología, agronomía y mejoramiento**. Cali: CIAT, 1998. p. 156-162.
- SOUSA, C. A. F. de; SODEK, L. Respostas metabólicas de plantas à deficiência de oxigênio. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 14, p. 83-94, 2002.
- TOMIYAMA K. Physiology and biochemistry of diseases resistance of plants. **Annual Review of Phytopathology**, V. 1, pp. 295-324. 1963
- TSAI, S.M.; BARAIBAR, A.V.L.; ROMANI, V.L.M. Efeito de fatores do solo. In: CARDOSO, E.J.B.N., TSAI, S.M. & NEVES, M.C.P. (Eds.) **Microbiologia do Solo**. Campinas. **Sociedade Brasileira do Solo**. 1992. pp.59-67.
- v.25, p.148-157, 2001.
- VALÉRIO, J. R. Considerações sobre a morte de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em alguns Estados do Centro e Norte do Brasil: Enfoque entomológico. **Campo Grande: Embrapa Gado de Corte**, 2006. 08 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 98).
- VALÉRIO, J. R.; SOUZA, O. C. de; VIEIRA, J. M.; CORRÊA, E. S. Diagnóstico de morte de pastagens nas regiões, central e norte do Estado de Mato Grosso. **Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte**, 2000. 10 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 98).
- VALLE, L. da C. S.; et al. Diagnóstico de morte de pastagens nas regiões leste e nordeste do Estado de Mato Grosso. **Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte**, 2000. 13 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 97)
- VISCONTI, A. **Fontes de matéria orgânica para inibição de fitopatogenos habitantes no solo**. Botucatu, UNESP. 2008.
- WHEELER, T. & RUSH, C.M. Soilborne diseases. In: MALOY, O.C. & MURRAY, T.D. (Eds.) **Encyclopedia of Plant Pathology**. New York. John Wiley & Sons. 2001. pp.935-947.
- YOUNG, B. R; NEWHOOK, F. J. Ethanol in the rhizosphere of seedlings of *Lupinus angustifolius* L. **New Zealand Journal of Botany**, v. 15, p. 189-191, 1977.
- ZÚÑIGA PEREIRA, C.; GONZÁLEZ Q. R.; BUSTAMANTE, E.; ARGEL, P. Influencia de la humedad del suelo sobre la susceptibilidad de *Brachiaria* a hongos patógenos. **Manejo Integrado de Plagas**, v. 49, p. 51-57, 1998.

SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA- PECUÁRIA-FLORESTA



Bruno Carneiro e Pedreira¹
Maurel Behling¹
Flávio Jesus Wruck²
Diego Barbosa Alves Antonio³
João Luiz Palma Meneguci⁴
Roberta Aparecida Carnevalli¹
Luciano Bastos Lopes¹
Helio Tonini¹

Introdução

A necessidade de aumentar a produção de alimentos tem sido frequentemente discutida nos mais diversos fóruns. Nesse contexto, o Brasil tem posição especial quando se trata de pecuária de corte, pois apresenta o maior rebanho (204 milhões de cabeças) e a segunda maior produção de carne (9 milhões de toneladas/ano) do mundo (FAO, 2010).

A pecuária é uma das atividades mais importantes do Brasil, o qual apresenta condições singulares no que diz respeito à produção animal, cuja alimentação do rebanho é feita com base em pastagens. Isso ocorre porque quando se compara os custos de produção da alimentação de rebanhos em pastagens, com sistemas que utilizam animais confinados e grãos na dieta, a pastagem aparece como uma fonte mais econômica para alimentação de ruminantes. Nesse caso, a planta forrageira desempenha uma função de extrema importância, que reflete tanto no aspecto econômico, quanto na sustentabilidade do sistema (Sbrissia e Da Silva, 2001).

A produção de gado de corte no país é feita, na sua maioria, em pastagens que representam cerca de 197 milhões de hectares (FAO, 2010),

¹ Pesquisador(a) da Embrapa Agrossilvipastoril

² Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão

³ Analista da Embrapa Agrossilvipastoril

⁴ Pesquisador da Embrapa Produtos e Mercado

nas quais as *Brachiarias* (*Brachiaria* spp.) estão adaptadas a grande variação de ambientes e de manejo. Nos últimos anos (1996-2006) as áreas de pastagens têm sido substituídas por lavouras, devido à progressiva integração do país no mercado mundial de produção de grãos (principalmente soja) e intensificação da produção na indústria de carnes (Ibge, 2008). Assim, a utilização de sistemas integrados de produção se apresenta como uma das melhores opções para garantir melhorias na produção com sustentabilidade. A integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) apresenta diversos benefícios, tais como: diversificação das atividades rurais, com a construção de um valioso patrimônio de árvores; recuperação de nutrientes lixiviados ou drenados; incremento da matéria orgânica do solo pela serrapilheira e raízes mortas das árvores (Porfírio-Da-Silva, 2006). Além de recuperar e manter as características de solo, obter melhores rendimentos a menor custo e com qualidade superior e reduzir a biota nociva às espécies cultivadas, reduz a necessidade de defensivos agrícolas e apresenta distribuição mais uniforme da renda, já que as atividades possuem épocas de compra e venda distintas (Vilela, Barcelos e Sousa, 2001).

O estado do Mato Grosso (MT) tem cerca de 29 milhões de cabeças de bovinos e 26 milhões de hectares de pastagens, grande parte plantada com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. As áreas de lavoura temporária e de pastagens cultivadas aumentaram quase quatro vezes de 1980 para 2006 (Ibge, 2008). O inventário dos principais produtos exportados e importados no MT revela que, em 2006, 87% das exportações corresponderam à soja, milho, carne bovina, algodão e madeira. Assim como, 74% das importações são de produtos que impulsionam o setor agropecuário no estado, tais como, cloreto de potássio, ureia e adubos fosfatados (Seplan-Mt, 2008).

Nesse contexto, regiões em que a agricultura e recursos naturais estão sob crescente pressão a implementação de práticas que promovam o bom uso da terra, como a integração "lavoura-pecuária-floresta", tendem a oferecer alternativas às questões ecológicas, econômicas e sociais (Porfírio-Da-Silva, 2006).

O componente pastagem possui papel importante na iLPF e a busca pelo entendimento de respostas de plantas forrageiras nesses sistemas aumentou nos últimos anos. A intensificação do manejo para alcançar maiores níveis de produção animal por unidade de área reduzindo a necessidade de abertura de novas áreas, geralmente, tem sido feita através do aumento do uso de fertilizante nitrogenado (N), taxas de lotação animal

e melhorias no manejo da pastagem (Stewart *et al.*, 2007). Dessa forma, em sistemas de produção pecuária, a preocupação com o aumento da produção de forragem e melhor controle da colheita tornam-se uma necessidade, principalmente quando se utiliza estratégias de pastejo rotativo para melhorar a produtividade da atividade pecuária.

Os sistemas integrados são sistemas ecológicos modificados pelos humanos para produzir alimento, fibra e outros produtos agrícolas. Esses sistemas são estruturalmente e dinamicamente complexos, embora sua complexidade venha primariamente da interação dos processos socioeconômicos e ecológicos. A combinação lavoura-pecuária-floresta tem como objetivo a mudança do sistema de uso da terra, e apresenta quatro características: produtividade, definida pela quantidade de produtos obtidos por unidade de insumos/recursos inseridos nos sistemas; estabilidade/resiliência, que é a constância da produtividade frente às pequenas mudanças provenientes de flutuações normais e cíclicas de meio ambiente; sustentabilidade, que é a habilidade de um sistema em manter a produtividade frente a forças da natureza; e por fim, uniformidade, que representa a regularidade da distribuição da produtividade ao longo do tempo (Conway, 1987).

Dessa forma, sistemas de iLPF se apresentam como uma opção de produção sustentável para o estado de Mato Grosso. Na prática, existem quatro modalidades de sistemas integrados de produção que podem ser facilmente identificadas, cada uma composta por grande número de arranjos e modelos derivados de diferentes condições econômicas, sociais e culturais. Assim, dentro do atual conceito de iLPF, estão contempladas a integração Lavoura-Pecuária (agropastoril), integração Pecuária-Floresta (silvipastoril), integração Lavoura-Floresta (silviagrícola) e integração Lavoura-Pecuária-Floresta (agrossilvipastoril) (Figura 1).

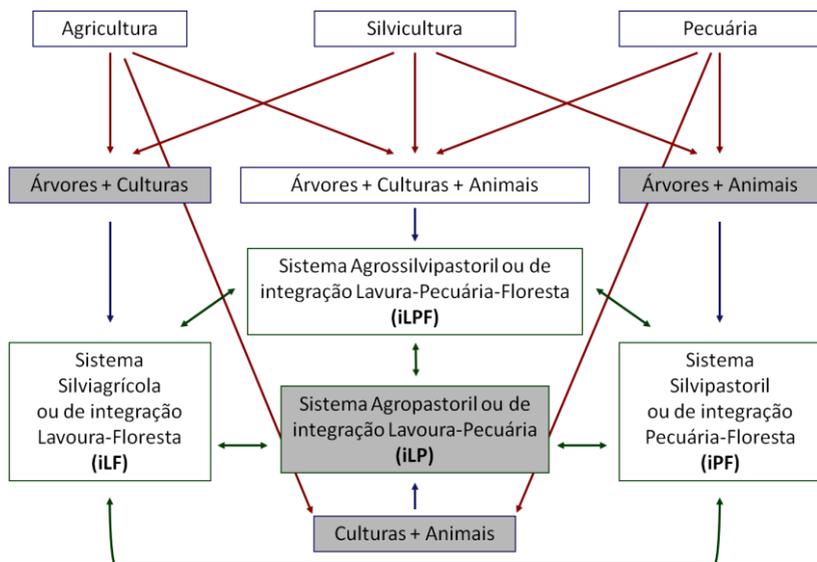


Figura 1. Representação das associações entre os componentes dos sistemas de produção que formam as quatro modalidades da estratégia iLPF (adaptado de GARCIA et al., 2005).

Esses sistemas de integração se caracterizam pela rotação de cultivos entre grãos e pastagens, associados com árvores; essa alternância aumenta, sobretudo, a produtividade nessas áreas. Os benefícios da iLPF são inúmeros e podem ser sintetizados em grupos, como: incremento na fertilidade do solo, com a fixação biológica do nitrogênio pelas leguminosas; incorporação de nitrogênio, fósforo e enxofre na matéria orgânica ativa do solo e aumento da atividade biológica, especialmente no subsolo, em razão da penetração profunda das raízes de espécies perenes e tolerantes à acidez, além de aumentar a eficiência de reciclagem de nutrientes. As gramíneas forrageiras tropicais são eficientes em aproveitar os resíduos de fertilizantes deixados pelos cultivos anuais. Os nutrientes acumulados na biomassa das forrageiras são reciclados pelos animais e pela incorporação dos resíduos da forragem no ciclo subsequente de lavoura, melhorando as condições físicas do solo pelo efeito aglutinante da matéria orgânica que, quando bem manejada, proporcionando cobertura constante do solo, reduzindo a erosão a níveis insignificantes. Incrementa a microflora e a microfauna no horizonte superficial as quais realizam o cultivo biológico do solo. Proporcionam o controle de plantas

daninhas, principalmente, as anuais e quebra o ciclo de pragas e microrganismos patogênicos (Vilela, Barcelos e Sousa, 2001), aumentando ainda a disponibilidade de alimentos de boa qualidade para os rebanhos durante o período de pastejo (Assmann *et al.*, 2004).

Em sistemas silvipastoris, a recuperação da pastagem após o pastejo ocorre de forma mais lenta devido ao sombreamento. Isso sugere que pastagens sombreadas sejam manejadas cuidadosamente, para evitar redução excessiva das reservas das raízes (Schreiner, 1987) e, posteriormente, mortalidade de perfilhos, o que comprometeria o estande. Nesses casos, as reservas orgânicas assumem grande importância na rebrotação quando a área foliar remanescente é reduzida, ou ainda, quando a eficiência fotossintética daquelas folhas é baixa, assim como em condições ambientais extremas, como: estiagem, temperaturas baixas (Brougham, 1957) ou sombreamento. A produtividade e a perenidade das pastagens decorrem da capacidade de reconstituição ou de manutenção da área foliar após a desfolha intensa, a qual depende não só de fatores ambientais (luz, temperatura, fertilidade e etc.), mas também de características genótípicas da população de plantas (Gomide e Gomide, 1999). A produção de forragem em pastagens é um processo complexo que envolve uma série de fatores de ordem fisiológica, morfológica e da sua interação. Portanto, se a pastagem é utilizada de forma intensiva, sem que haja um período de tempo para a recuperação dos níveis mínimos de reservas através da fotossíntese, poderá haver degradação irreversível, cedendo espaço às espécies indesejáveis.

Em pastagens adequadamente arborizadas, a produção animal é beneficiada pela melhoria das condições ambientais (proteção contra ventos frios, geadas, granizo, tempestades, variação brusca de temperatura do ar, etc.), além de contribuir para a captura de carbono, para menor emissão de óxido nitroso (N_2O) e para a mitigação da emissão de gás metano (CH_4) pelos ruminantes. Todos esses gases são componentes atuantes no aquecimento da atmosfera global (efeito estufa) (Porfírio-Da-Silva, 2006).

Sistemas silvipastoris

O sistema de integração Pecuária-Floresta (iPF) ou sistema Silvipastoril é uma modalidade dos sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta e refere-se a um sistema de produção no qual espécies arbóreas e forrageiras são cultivadas em uma mesma unidade de área simultaneamente, com a presença de animais ruminantes (BALBINO et

al., 2011). Tal sistema representa uma forma de uso da terra em que as atividades de pecuária e silvicultura estão associadas para gerar uma produção complementar pela interação de seus componentes.

A prática de arborização da pastagem com espécies nativas de ocorrência regional ou espécies exóticas confere maior sustentabilidade ao sistema pecuário, e significa estabelecer um novo paradigma para a pecuária brasileira.

Arborizar pastagens, degradadas ou não, nos diversos biomas, melhora o bem-estar animal, podendo constituir-se, inclusive, em uma alternativa de melhoria do solo, através da diminuição de erosão, aumento de fertilidade e ciclagem de nutrientes. Propicia, ainda, outras vantagens ao pecuarista, como a melhoria do valor nutritivo do pasto, a possibilidade de diversificação de produtos na atividade pecuária, o aumento da biodiversidade em áreas de pastagens, sem perdas de produtividade animal, além de impactar de forma positiva a atividade junto a opinião pública.

A arborização de pastagens é sempre recomendada, pois, para o desenvolvimento satisfatório dos animais, em nível ótimo, há necessidade de condições ambientais adequadas para que os processos fisiológicos transcorram dentro de sua normalidade. Para manterem-se saudáveis, produtivos e com maior longevidade, os animais domésticos necessitam que a temperatura corporal esteja entre certos limites para que seu metabolismo não seja afetado. Existem limites de temperatura para obtenção máxima da produção segundo o potencial genético dos animais (PEREIRA et al., 2002). A importância da sombra nos sistemas reside em sua estreita ligação com a produtividade, ganhos reprodutivos e a saúde animal (ASSIS, 1995; PEREIRA et al., 2002). É importante lembrar que mesmo em condições insatisfatórias, os animais continuam a produzir com apenas os requisitos mínimos necessários para a sua sobrevivência devido a alguns mecanismos de adaptação, embora muito abaixo do potencial máximo de exploração.

O sucesso da integração da atividade de pecuária com a silvicultura está alicerçado no equilíbrio da exploração dos recursos naturais pelos três principais componentes bióticos deste sistema: o ruminante, a forrageira e a árvore. Quando as interações são equilibradas, desde o seu estabelecimento até a obtenção dos diferentes produtos, possibilitando a produção simultânea dos componentes forrageiro, animal (leite ou carne) e arbóreo, então tem-se um sistema silvipastoril verdadeiro. Contudo, ainda é comum verificar, em condições de propriedades rurais,

dificuldades no manejo equilibrado entre os componentes, frequentemente causados pelo estabelecimento de espaçamentos e arranjos das árvores inadequados ao desenvolvimento das espécies forrageiras (VARELLA, 2008). Isso determina que muitos empreendimentos realizem uma iPF temporária ou eventual, isto é, o crescimento de árvores e forrageiras não acontece satisfatoriamente até a colheita final do produto florestal. O que normalmente acontece é que, a partir de um determinado momento, as árvores sobrepõem à pastagem e comprometem a persistência das forrageiras associadas.

O sucesso de um empreendimento de iPF será possível a partir da escolha de espécies forrageiras adaptadas ao sombreamento e do correto manejo do ambiente luminoso, capaz de permitir uma oferta de forragem suficiente para manutenção, crescimento, reprodução e produção dos ruminantes, quer seja na forma de leite ou carne, sem prejudicar o crescimento e o desenvolvimento das árvores. O presente artigo tem o objetivo de explorar os principais aspectos restritivos ao estabelecimento de sistemas equilibrados de iPF, com foco no arranjo espacial das árvores, ou seja, o manejo do ambiente luminoso e na escolha de espécies forrageiras adaptadas ao sombreamento. Práticas e recomendações são sugeridas para que o produtor consiga obter o equilíbrio necessário entre os componentes forragem-ruminante-árvore em um empreendimento de iPF.

Especificamente para o produto animal, a iPF tem efeito positivo sobre o desempenho produtivo e reprodutivo; o qual é dado pela condição mais favorável do ambiente promovido aos animais; e também pelos ganhos relativos ao bem estar e conforto providos aos animais. Esses efeitos são o resultado da forte redução na temperatura e na radiação solar que ocorre sob as árvores; o que reduz o custo metabólico e, conseqüentemente, a quantidade de energia requerida para manter a temperatura corporal (homeotermia). Altas temperaturas podem causar redução da libido e da qualidade espermática, assim como alterar a qualidade dos oócitos e o processo de ovulação, a manifestação do estro, a concepção e a sobrevivência embrionária.

Além desses, sabe-se que o efeito do ambiente no consumo voluntário tem sido bem documentado e que existe uma relação inversa entre temperatura do ambiente e consumo voluntário de alimento (Arias et al., 2008). Brown-Brandl et al (2006) reportaram que mesmo sob baixo estresse calórico os animais diminuiram o tempo de consumo e permaneceram mais tempo deitados.

Pode-se destacar ainda o comprometimento da transmissão da imunidade passiva, comprometendo a qualidade do colostro e o processo de transmissão das imunoglobulinas (Stott et al, 1980). Alta suscetibilidade a infecções tem sido observada em vacas em condição de estresse calórico (Webster, 1983), e muitos estudos têm sido conduzidos para mensurar a relação entre estresse calórico e funções imunológicas de bovinos.

Classificação dos sistemas Silvipastoris

Os sistemas silvipastoris podem ser classificados em dois grupos: eventuais e verdadeiros (VEIGA & SERRÃO, 1990). Os eventuais, também denominados de provisórios, são sistemas em que a associação árvore-forrageira-animal se estabelece em determinado momento de uma exploração arbórea ou pecuária convencional. Correspondem aos plantios comerciais de espécies arbóreas, cujo estrato herbáceo é utilizado pelos animais até o ponto permitido pela competição imposta pelas árvores. Nesse caso, os componentes forragem e animais, subprodutos da exploração, são manejados de modo menos intenso, para não prejudicar o cultivo arbóreo, considerado de interesse principal. Incluem também os sistemas silvipastoris que evoluíram de pastagens convencionais, com a regeneração natural das árvores úteis ou com o plantio de mudas de espécies arbóreas. Nos sistemas silvipastoris verdadeiros, o componente forrageiro, os animais e o florestal são considerados integrantes do sistema desde o planejamento do empreendimento. São plantios regulares, feitos em espaçamentos ou densidades apropriados, em que a possibilidade de supressão de um componente por outro é reduzida. Esses sistemas, quando bem delineados, dão possibilidade, na fase de estabelecimento, de utilização da área que seria destinada a pastagem com cultivos anuais até que as árvores atinjam altura compatível com a introdução dos animais no sistema, caracterizando os Sistemas Agrossilvipastoris (BALBINO et al., 2011).

Diferentes arranjos de sistemas Silvipastoris

Os sistemas de iPF podem, também, ser classificados de acordo com o tipo de arranjo e finalidade. Os mais utilizados e potenciais são o de árvores dispersas na pastagem; árvores com espaçamentos regulares; bosquetes na pastagem; árvores em faixas nas pastagens (renques); plantio florestal madeireiro ou de frutíferas consorciado com animais; cerca viva; banco forrageiro e quebra-vento.

Árvores dispersas ou isoladas na pastagem

Nesta modalidade de arborização a distribuição das espécies lenhosas é aleatória, não obedecendo, necessariamente, a um padrão de espaçamento pré-definido. Origina-se da regeneração natural de espécies lenhosas no interior das pastagens ou de plantios feitos pelo agricultor em espaçamentos acima de 20 m x 20 m.

O principal objetivo é proporcionar proteção aos animais, como sombra, quebra-vento, evitando estresse térmico (frio, calor), visando à melhoria da produção de carne, leite e qualidade da pastagem.

Estabelecimento de árvores com espaçamentos regulares

Consiste em implantar árvores na pastagem em espaçamentos largos (10 m x 10 m; 10 m x 12 m; 12 m x 14 m, etc.), com manejo adequado, (poda, suplementação alimentar para o animal, etc.), de forma a maximizar a produção de madeira, pastagem e produtos pecuários.

O principal objetivo é a produção de madeira de serraria de boa qualidade, pastagem melhorada para pastejo ou produção de feno.

Bosquetes na pastagem (talhões homogêneos ou mistos)

Esta modalidade de arborização de pastagem consiste na formação de bosques distribuídos pela pastagem, os quais servem como refúgio para os animais, pois a planta forrageira nesses locais pouco se desenvolve. Os bosquetes podem ser formados a partir de capões de matas naturais e/ ou em áreas já desmatadas, implantando talhões formados por espécies exóticas. Neste caso, as árvores devem ser implantadas dentro do bosque e são plantadas em espaçamentos de 3 m x 2 m, 3 m x 3 m, 4 m x 4 m, ou até maiores.

Neste caso, o principal objetivo é o de proporcionar serviços de proteção para o rebanho contra os extremos climáticos (frio, calor), proteção do solo, diversificação de produção animal e de produtos madeiráveis e não madeiráveis, dependendo da espécie arbórea a ser utilizada. O estabelecimento de bosquetes favorece o desenvolvimento de um subbosque rico em espécies arbustivas, muitas das quais são consumidas pelos animais. A realização de desbastes seletivos pode proporcionar a obtenção de madeira para lenha, serraria e construção civil, gerando renda sem afetar a função de proteção e proporcionar benefícios aos animais.

Árvores em renques na pastagem (faixas de árvores)

Esta modalidade de arborização de pastagem consiste na formação de faixas de espécies arbóreas, plantadas em linhas simples ou múltiplas, ao longo da pastagem, preferencialmente em curva de nível. Na definição

do espaçamento e número de linhas do renque é importante definir o uso que será dado ao componente florestal, se destinado à produção de lenha e/ou carvão ou madeira para serraria ou laminação.

Consiste no plantio das faixas de árvores bem distanciadas (acima de 25 m), em espaçamentos adensados na linha (3 a 6 m). Neste caso, as árvores devem ser desramadas e desbastadas em função de seu desenvolvimento e do objetivo de produção.

Entre os objetivos desta modalidade está a produção de pastagem de boa qualidade para pastejo ou para a produção de feno; de madeira para lenha ou serraria; produção de benefícios ambientais como a sombra para os animais, controle da erosão, proteção contra ventos fortes e de extremos climáticos de frio e calor. Os animais permanecem no pasto simultaneamente com as árvores, de forma a maximizar os benefícios econômicos e ambientais.

Plantios florestais e/ou frutíferos com criação de animais

Consiste na associação da atividade pecuária em áreas de reflorestamento, como forma de minimizar o custo de manutenção dos povoamentos florestais e diminuir o risco de incêndios.

Este sistema é bastante difundido, apresentando grande potencial na produção de madeira para celulose/lenha/serraria e frutos, por maximizar a produção florestal por unidade de área, com uma alta densidade de plantas por hectare. Uma ressalva em relação às frutíferas é que a escolha da espécie depende da compatibilidade dos frutos com o consumo dos animais. Frutíferas como mangueiras e bananeiras não são recomendadas para a associação.

Cerca viva

O plantio de espécies lenhosas perenes visando delimitar a propriedade ou dividir pastos constitui uma alternativa promissora para diminuir os gastos com estacas de espécies lenhosas mortas, diminuindo a derrubada de extensas áreas florestais, conservando o meio ambiente. Além da contenção de animais, a cerca viva fornece alimento para o gado, por meio das folhas e frutos, madeira para aplicação diversa e sombra aos animais.

Banco forrageiro

Consiste no plantio de leguminosas florestais em blocos com alta densidade (5000 a 40000 árvores/ha). As espécies utilizadas devem ser de reconhecido valor forrageiro, com alta produção de biomassa com boa qualidade nutricional. Esta modalidade através de podas frequentes (uma a quatro por ano) proporciona forragem em forma de feno ou para pastejo

direto. Na implantação pode-se utilizar espaçamentos curtos como de 1,0 m x 0,25 m, (para a produção de feno). Quando utilizado para pastoreio direto, recomenda-se ampliar o espaçamento, para facilitar a mobilização dos animais.

O objetivo principal é prover forragem de alto valor nutritivo, sobretudo proteico, para suplementação alimentar de ruminantes na forma de pastejo controlado da folhagem, que também pode ser fornecida “*in natura*”, fenada e/ou ensilada aos animais, durante a estação seca.

Quebra-vento ou fileira de árvores

São fileiras de árvores plantadas no sentido contrário à direção dos ventos dominantes visando diminuir a velocidade ou modificar sua trajetória. São utilizadas comumente para delimitar propriedades, adquirindo aspecto paisagístico que chama atenção pela beleza e característica peculiar. Quando bem planejado, o quebra-vento protege um campo com extensão de até dez vezes a altura da maior árvore utilizada. Assim, se a maior árvore tem 10 m de altura, as plantas que distam até 100 m do quebra-vento estarão protegidas, ainda que essa proteção diminua à medida que a distância do quebra-vento aumente.

Implantação de Projetos de iPF

Na elaboração do planejamento de um projeto de iPF alguns cuidados devem ser tomados na combinação dos diferentes componentes, assim, se deve levar em consideração as seguintes informações:

- ✓ Aspectos relativos ao manejo e ambiência para o rebanho.
- ✓ Conservação da água e do solo com o uso de boas práticas culturais (cultivo mínimo das árvores e Boas Práticas Agropecuárias).
- ✓ Procurar montar arranjos mais simples:
- ✓ Plantar renques, em que as árvores são plantadas em faixas compostas por linhas simples ou com múltiplas linhas;
- ✓ Os renques devem ser plantados na direção leste-oeste, em áreas de relevo plano, ou em curva de nível, em áreas de relevo acidentado; priorizando sempre a conservação do solo;
- ✓ Os arranjos podem ser ajustados de acordo com a prioridade preestabelecida para os produtos a serem disponibilizados.

No planejamento do sistema de iPF devem ser considerados alguns fatores importantes para a manutenção da sustentabilidade, da produtividade e da adoção da tecnologia pelos produtores: mercado para

os produtos a serem obtidos (madeira, carne e leite); infraestrutura adequada para o manejo dos animais; proteção e manejo de aguadas e subdivisão em piquetes de forma adequada; momento de entrada dos animais no sistema (o qual será regulado pelas dimensões das árvores e altura das plantas forrageiras); densidade das árvores; taxa de lotação dos animais e administração do empreendimento. Assim, na elaboração do planejamento de um projeto de iPF quatro perguntas básicas devem ser respondidas: 1- **O quê?** (qual raça; qual espécie? compatibilidade); 2- **Por quê?** (finalidade e vantagens); 3- **Como implantar?** (escolha da área, preparo do solo, arranjos, espaçamentos, adubação, etc.); e 4- **Como manejar?** (cuidados zootécnicos, tratamentos silviculturais, proteção florestal, prevenção ao fogo, colheita e corte das árvores, etc.).

Características desejáveis na escolha dos componentes da iPF

A iPF é um sistema de produção dinâmico e a escolha dos componentes (arbóreo, forrageiro e animal) deve ser bastante criteriosa, pois os efeitos interativos de convivência aparecem com o tempo e podem ser cumulativos (VENTURIN et al., 2010). Portanto, os componentes a serem utilizados em sistemas de iPF devem ter características agrônômicas, zootécnicas e silviculturais adequadas ao sistema a ser adotado.

Escolha do componente forrageiro

✓ Utilizar espécies que sejam tolerantes ao sombreamento. **Alta tolerância:** *Paspalum dilatatum*, *Paspalum conjugatum*, *Centrosema macrocarpum* e *Desmodium ovalifolium*. **Média tolerância:** *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens* Stapf, *Brachiaria humidicola*, *Panicum maximum*, *Paspalum plicatulum*, *Paspalum notatum*, *Calopogonium mucunoides*, *Centrosema pubescens*, *Pueraria phaseoloides*, *Desmodium intortum*, *Neonotonia wightii* e **Baixa tolerância:** *Digitaria decumbens*, *Cynodon plectostachyus*, *Stylosanthes guianensis* e *Macroptilium atropurpureum* (Adaptado de SHELTON et al., 1987 por GARCIA et al., 2005).

✓ Utilizar espécies que sejam adaptadas às condições específicas do solo do local de cultivo. **Solos de baixa fertilidade:** - as gramíneas *B. decumbens*, *B. humidicola*, *Andropogon gayanus* (cv Planaltina) e as leguminosas *Stylosanthes* spp. e *Calopogonium* spp. **Áreas com drenagem deficiente:** *B. humidicola*, *Pennisetum purpureum* (Setárias), *Paspalum antratum* (Capim Pojuca) e *Digitaria decumbens* (Pangola). **Áreas encharcadas:** *B. mutica*, *B. arrecta*, o híbrido natural dessas duas

espécies (Tangola) e *Echinochloa polystachya* (canarana). **Áreas com declive:** *B. decumbens*, *B. brizantha*, *B. humidicola*, *Cynodon dactylon* (Tiftons) e *Cynodon Plectostachyus* (Estrela Africana). **Áreas onde a ocorrência de cigarrinha-das-pastagens é muito alta:** *A. gayanus* (cv Planaltina e cv Baeti), *P. maximum* (cv Tanzânia e cv Massai). **Áreas arenosas:** *Panicum*, *Brachiaria*, *Andropogon* e *Stylosanthes*.

✓ Nas áreas de pastagens que serão mantidas por longos períodos, ou então de exploração máxima no período das águas, associadas a solos férteis e viabilidade de adubação adicional, as plantas do gênero *Panicum* (*P. maximum* - cultivares: Tobiata, Vencedor, Centenário, Centauro, Aruana, Tanzânia, Mombaça e Massai) são as mais indicadas.

✓ Nas áreas onde há necessidade de diferimento de pastagens para o período de seca, menor viabilidade de adubação e menor fertilidade do solo, as plantas do gênero *Brachiaria* são as mais indicadas.

✓ Em regiões onde há ocorrência da Síndrome da Morte Súbita da *Brachiaria*, como no Acre, Amazonas, Mato Grosso e Pará, o capim Marandu deve ser substituído por outras espécies forrageiras, tais como algumas cultivares dos gêneros *Panicum* (Aruana, Tanzânia, Mombaça, Massai, etc.) e/ou *Cynodon* (Tiftons, Estrela Roxa), além das variedades de *B. humidicola* (cv BRS Tupi e comum). No estabelecimento de um sistema que envolva pastagens, se recomenda que cada cultivar de forrageira não ocupe mais do que 40% da propriedade. Assim, deve ser utilizado, pelo menos, três cultivares diferentes para compor o “cardápio forrageiro” da fazenda. A utilização de duas ou mais espécies de gramíneas forrageiras juntas no mesmo talhão/área não é recomendada, pois diferentes espécies de gramíneas têm distintas exigências nutricionais e de manejos, o que resulta na má utilização de ambas e, conseqüentemente, na degradação da pastagem.

✓ O produtor deve considerar que mesmo as plantas forrageiras mais tolerantes ao sombreamento são afetadas quando o sombreamento passa de 50 % da luz solar incidente. Assim, espaçamentos de árvores muito reduzidos levam inevitavelmente ao estiolamento das plantas e, principalmente, a redução de crescimento das plantas forrageiras.

Escolha do componente animal

Assim como na escolha do componente forrageiro, a escolha da raça ou dos cruzamentos utilizados na produção de bovinos leiteiros em iPF deve obedecer alguns critérios. Como em qualquer outro sistema de criação, raças especializadas para produção de leite são mais exigentes

com relação ao manejo reprodutivo, nutricional e sanitário. A escolha do componente animal para produção de leite é definida em função da realidade do produtor, além dos seus objetivos e metas. Assim, recomenda-se:

✓ Em regiões de clima mais quente, animais da Raça Girolanda podem ser uma boa opção devido suas características que lhe permitem maior adaptação ao estresse pelo calor. É bom lembrar que a estratégia de cruzamentos a ser adotada depende das condições de manejo no qual os animais serão submetidos, a seleção para maior produtividade demandará maior qualificação da mão de obra além de muitas vezes, maior frequência e complexidade nas operações.

✓ Mesmo animais mais azebuados apresentam redução de desempenho quando são submetidos ao estresse pelo calor. Quanto mais europeu for o grau de sangue do animal, menor sua tolerância ao calor, ou seja, maior será o benefício proporcionado pela arborização das pastagens. Vale ressaltar que animais com maior grau de sangue zebu são mais tolerantes ao estresse pelo calor, entretanto maior tolerância não significa que o animal submetido ao estresse continue produtivo, ele apenas não morre, mas a produtividade e a reprodução deste animal é totalmente comprometida. Desta forma, quando deseja-se usufruir dos benefícios da arborização é necessário que os animais tenham potencial de respostas e sendo assim, animais melhorados para produção de leite (holandês, Jersey, gir leiteiro, etc) são recomendados.

✓ Se a adoção do sistema de iPF não se basear no conforto térmico para os animais devido as condições encontradas em clima temperado, a adoção de raças mais especializadas pode ser uma boa opção devido sua maior produtividade, maximizando dessa forma o potencial produtivo que o sistema pode oferecer. Entretanto, como já citado anteriormente, vacas de alto padrão genético são mais vulneráveis a vários desafios, entre eles, a dinâmica parasitológica nas áreas de pastagem. Assim como ocorre em confinamentos, a maior carga animal em sistemas iPF pode ser determinante para maior contaminação ambiental com ovos e larvas, assim como a possibilidade de maior diversidade de parasitas. Raças europeias são bastante sensíveis aos muitos parasitas de interesse econômico, como o carrapato dos bovinos e às helmintoses.

✓ Além da composição racial, as categorias de animais podem ser utilizadas como estratégia de manejo em sistemas iPF. O conforto térmico e a possibilidade de obtenção de forragem de melhor qualidade nesses sistemas pode ser uma opção muito interessante para recria de novilhas e

manejo das matrizes no período seco. A composição desses fatores associadas às boas práticas pode incrementar o ganho de peso dessas novilhas, o que traz benefícios como a antecipação da idade ao primeiro parto. Com relação ao lote de vacas secas, a saúde mais uma vez entra em foco já que a composição de anticorpos no colostro depende significativamente do conforto térmico durante o período final da gestação.

Escolha do componente florestal

Inicialmente, é importante definir o uso que será dado ao componente florestal, se destinado à produção de carvão, celulose, postes, mourões, madeira serrada ou produtos não madeireiros (borracha, resina, tanino, óleos essenciais, sementes, frutos, etc). Assim, a escolha deve levar em consideração algumas características importantes:

- ✓ Boa adaptação da espécie selecionada à região de cultivo, principalmente no que diz respeito a tolerância à seca, à geada (Região Sul) ou ao encharcamento do solo. Na Tabela 1, são indicados alguns exemplos de espécies, separadas em regiões de clima quente (sem ocorrência de geadas) e clima frio (com ocorrência de geadas).

- ✓ A arquitetura da copa das árvores deve ser favorável ao sistema (fuste alto e copa pouco densa), permitindo maior transmissão de luz ao sub-bosque.

- ✓ Facilidade de estabelecimento (produção de mudas, enraizamento de estacas, etc.).

- ✓ Crescimento rápido, deste modo reduzindo o tempo para o estabelecimento do sistema silvipastoril. Nesse caso, quanto maior for a taxa de crescimento, mais cedo os animais poderão ser introduzidos no sistema.

- ✓ Capacidade para enriquecer o ecossistema com nitrogênio (leguminosas arbóreas) e outros nutrientes.

- ✓ Ausência de efeitos tóxicos para os animais e de efeitos alelopáticos sobre as forrageiras.

- ✓ Ausência de raízes superficiais expostas, que prejudicam a acomodação do gado sob a copa da árvore.

- ✓ Ter silvicultura conhecida. No Brasil, o eucalipto tem sido o componente arbóreo mais utilizado para a composição da iPF, em razão da diversidade de materiais genéticos, boa adaptação às diferentes condições ambientais, elevada taxa de crescimento e ciclo de curta duração (quando adequadamente manejado), capacidade de rebrotação e

possibilidade de ser manejado para multiprodutos (OLIVEIRA NETO et al., 2007).

- ✓ Ser preferencialmente perenifólia (mantém as folhas durante todo o ano) e que tenha a capacidade de produzir alimento que possa ser consumido pelo gado (frutos, folhas forrageiras, etc.).

- ✓ Não produzir frutos grandes (mais de 5 cm de diâmetro), que poderiam causar obstrução do esôfago dos animais.

- ✓ Ausência de caráter invasor, ou seja, de se tornar uma planta daninha (e.g. goiabeira e leucena).

- ✓ Fornecer produtos de maior valor agregado, para que o mercado os absorva com facilidade (madeira para serraria), preferencialmente espécies que produzam multiprodutos (lenha, carvão e/ou toras para serraria).

Tabela 1. Espécies arbóreas indicadas para regiões de clima quente (sem ocorrência de geadas) ou clima frio (com ocorrência de geadas) utilizadas em sistemas silvipastoris no Brasil.

| Nome comum | Nome científico | Clima |
|-------------------|------------------------------------|--------------|
| Acácia | <i>Acacia mangium</i> | Quente |
| Acácia negra | <i>Acacia mearnsii</i> | Frio |
| Acácia preta | <i>Acacia mellanoxylon</i> | Frio |
| Albizia | <i>Albizzia sp</i> | Quente |
| Angico branco | <i>Anadenanthera macrocarpa</i> | Frio |
| Angico-vermelho | <i>Anadenanthera peregrina</i> | Quente |
| Araucária | <i>Araucaria angustifolia</i> | Frio |
| Nim | <i>Azadirachta indica</i> | Quente |
| Sibipiruna | <i>Caesalpinea peltophorioides</i> | Quente |
| Casuarina | <i>Casuarina cunninghamiana</i> | Frio |
| Cratília | <i>Cratylia argentea</i> | Quente |
| Baru | <i>Dipteryx alata</i> | Quente |
| Eucalipto | <i>Eucalyptus sp.</i> | Quente/Frio |
| Gliricídia | <i>Gliricidia sepium</i> | Quente |
| Grevílea | <i>Grevillea robusta</i> | Quente |
| Uva-do-japão | <i>Hovenia dulcis</i> | Frio |
| Ingá | <i>Inga sessilis</i> | Quente |
| Mogno africano | <i>Khaya ivorensis</i> | Quente |
| Leucena | <i>Leucaena leucocephala</i> | Quente |
| Angico-mirim | <i>Mimosa artemisiana</i> | Quente |
| Bracatinga | <i>Mimosa scabrella</i> | Frio |
| Amoreira | <i>Morus alba</i> | Quente |
| Pau de balsa | <i>Ochroma pyramidale</i> | Quente |
| Angico | <i>Parapiptadenia rigida</i> | Quente |
| Canafístula | <i>Peltophorum dubium</i> | Quente |
| Pinus | <i>Pinus sp.</i> | Quente/Frio |
| Paricá | <i>Schyzolobium amazonicum</i> | Quente |
| Teca | <i>Tectona grandis</i> | Quente |
| Cedro-australiano | <i>Toona ciliata</i> | Quente |

Cuidados na introdução e no manejo das árvores:

✓ Definir o número de linhas de plantas dentro do renque de árvores em função do produto final que se deseja obter. As árvores que serão destinadas à serraria devem ser cultivadas com maior espaçamento entre plantas, o qual deve ser associado à prática de desrama; já para a produção de lenha e/ou carvão, as árvores podem ser plantadas mais adensadas no renque. No caso de multiprodutos, as árvores podem ser plantadas de forma mais adensada, realizando as práticas de desbastes e desramas, quando estas árvores atingem a idade intermediária, com o objetivo de obter madeira para serraria no final do ciclo (PORFIRIO-DA-SILVA et al., 2009).

✓ Definir a distância entre as faixas/renques de árvores em função das máquinas e equipamentos agrícolas disponíveis na propriedade.

✓ O controle de plantas invasoras deve ser efetuado em pré- e pós-plantio; pois é possível realizar o controle de gramíneas por meio de herbicidas seletivos e registrados para as espécies florestais.

✓ Cuidados redobrados devem ser tomados na aplicação dos herbicidas para evitar problemas de fitotoxicidade às árvores.

✓ O controle de formigas cortadeiras deve ser preventivo e iniciado, pelo menos, um mês antes do plantio das mudas das árvores e necessita ser acompanhado constantemente; devendo ser feito, preferencialmente, com isca granulada e a aplicação precisa ser sistematizada no local de plantio e na vegetação próxima.

✓ A realização de desramas (podas) e desbastes é fundamental para facilitar a circulação dos animais e obtenção de madeira de boa qualidade para a serraria.

✓ Na implantação do sistema, a primeira desrama, no caso do eucalipto, deve ser realizada quando 60 % das árvores tiverem atingido a grossura de 6 cm na altura 1,3 metros do solo (o chamado DAP – diâmetro à altura do peito) (PORFIRIO-DA-SILVA et al., 2009). Além disso, esse momento é o momento em que os animais podem entrar no sistema, priorizando-se a utilização de animais jovens, para reduzir o potencial de danos/quebras causados às árvores.

Sistemas integrados de produção instalados em Mato Grosso

No Mato Grosso, a iLPF vem ganhado importância, alguns exemplos de sistemas implantados em diferentes locais do estado com o objetivo de validação e transferência de tecnologia são descritos abaixo.

Área 1: Fazenda Felicidade – Novo São Joaquim, MT

Proprietário: Euclides Facchini

Área com lavoura: 400 ha;

Estratégia: iLP - soja na safra e *B. ruziziensis* na safrinha em sobressemeadura (7 kg/ha de sementes puras e viáveis aplicadas de avião) com “boi safrinha” na sucessão da soja.

Regiões onde o modelo é recomendado: médio norte, Vale do Araguaia e demais regiões de lavouras onde o plantio de milho safrinha não é possível pelo menor período de precipitação.



Figura 2. Integração lavoura-pecuária com soja na safra e *B. ruziziensis* na safrinha em sobressemeadura. Fazenda Felicidade – Novo São Joaquim, MT. Fonte/foto: Marcelo Volf (24/03/2012).



Figura 3. Integração lavoura-pecuária com soja na safra e *B. ruziziensis* na safrinha em sobresemeadura. Fazenda Felicidade – Novo São Joaquim, MT. Fonte/foto: Marcelo Volf (24/03/2012).

Área 2: Fazenda Dom José – Canarana, MT

Proprietário: Claudir Signorini

Área com lavoura: 145 ha;

Área com pecuária: 30 ha

Estratégia: iLP - soja na safra e *B. ruziziensis* na safrinha implantada por semeadura direta (4 kg/ha de sementes puras e viáveis).

Regiões onde o modelo é recomendado: região médio norte de Mato Grosso (Vale do Araguaia) e demais regiões de lavouras onde o plantio de milho safrinha não é possível pelo menor período de precipitação.



Figura 4. Integração lavoura-pecuária com soja na safra e *B. ruziziensis* na safrinha. Fazenda Dom José – Canarana, MT. Fonte/foto: Embrapa Agrossilvipastoril (2011).

Área 3: Fazenda Certeza – Querência, MT

Proprietário: Neuri Norberto Wink

Área com lavoura: 1500 ha;

Área com pecuária: 180 ha, sendo 44 ha do sistema iLP em rotação com a soja, 85 ha de pastos permanentes (áreas inaptas para lavoura) e 51 ha de pastos formados na safrinha pelo consórcio de milho ou milheto com *B. ruziziensis*.

Estratégia: iLP - soja na safra nos 1500 ha e pecuária em 129 ha de *B. brizantha* (cv. Marandu e Piatã) e, após a colheita da safrinha, a maior parte do rebanho bovino é deslocado para os pastos de safrinha (formado pelos consórcios de milho ou milheto com *B. ruziziensis*) ou para o semi-confinamento visando a terminação, realizada com silagem de milho colhido na safrinha e suplementos minerais.

Regiões onde o modelo é recomendado: regiões tradicionais de lavouras próximas a áreas com pecuária.



Figura 5. Integração Lavoura-Pecuária: rotação de atividades em áreas adjacentes: Milho/Pasto, no 5º ano agrícola do sistema iLP, que formou pasto de safrinha. Fazenda Certeza – Querência, MT. Fonte/foto: Bruno Pedreira (11/02/2012).



Figura 6. Consórcio de milho com braquiária, no 5º ano agrícola do sistema iLP, que formou pasto de safrinha. Fazenda Certeza – Querência, MT. Fonte/foto: Embrapa Agrossilvipastoril (16/06/2012).

Área 4: Fazenda Bacaeri – Alta Floresta, MT

Proprietário: Bacaeri Florestal Ltda (Sócio Gerente – Antônio Francisco dos Passos)

Área com silvicultura: 1500 ha de teca, sendo 1.200 ha adensados e 300 ha no sistema silvipastoril;

Área com pecuária: 6.700 ha de pastagens utilizada para recria e engorda de animais, tanto Nelores (predominantes) quanto animais cruzados diversos, comprados de criadores.

Área com silvipastoril: 300 ha (297 ha de teca e 3 ha de mogno africano)

Estratégia: iPF - consórcio da forrageira (*B. brizantha* cv. Marandu) com Teca e Mogno Africano em diferentes configurações, entrada dos animais (bezerros) no sistema aos 6 meses (Tabela 1).

Regiões onde o modelo é recomendado: regiões tradicionais de pecuária com solos de boa fertilidade devido à alta exigência em fertilidade da teca e do mogno africano.

Tabela 2. Configurações de distâncias entre renques e percentagem da área de forrageiras ocupada pelas árvores de teca na Fazenda Bacaeri, Alta Floresta, MT.

| Configurações (m) | Estande Florestal (árvores/ha) | Área Individual (m ² /árvore) | Ocupação da Área Florestal (%) |
|-----------------------------|--|--|--|
| 15 x 6 | 111 | 90 | 13,3 |
| 18 x 3 | 185 | 54 | 11,1 |
| 20 x 2,5 | 200 | 50 | 10 |
| 20 x 3 | 167 | 60 | 10 |
| 22 x 3 | 152 | 66 | 9,1 |
| 15 x 3 | 222 | 45 | 22,2 |
| 15 x 4 | 167 | 60 | 10 |

Fonte: Antônio Francisco dos Passos – Fazenda Bacaeri, Alta Floresta, MT

Tabela 3. Projeção de cenários de receitas obtidas com teca no sistema silvipastoril, previsão de corte raso com 18 anos, na Fazenda Bacaeri, Alta Floresta, MT.

| Item | Cenários Projetados – Teca no Silvipastoril | | | |
|-------------------------------|---|-------------|-----------|------------|
| | Pessimista | Conservador | Realista | Otimista |
| Custo de Plantio (R\$) | 3.000,00 | 2.000,00 | 1.500,00 | 1.000,00 |
| Custo de Manutenção (R\$) | 6.000,00 | 4.500,00 | 3.600,00 | 3.000,00 |
| Custo extração x vendas (R\$) | 4.000,00 | 4.000,00 | 4.000,00 | 4.000,00 |
| Custo total (R\$/ha) | 13.000,00 | 10.500,00 | 9.100,00 | 8.000,00 |
| DAP aos 18 anos (cm) | 45 | 55 | 65 | 80 |
| Altura Comercial (m) | 5,8 | 6,8 | 9,2 | 11,5 |
| Fator de forma | 0,55 | 0,6 | 0,6 | 0,65 |
| Árvores/ha (final) | 65 | 70 | 75 | 80 |
| Preço da tora (R\$/m³) | 400,00 | 500,00 | 700,00 | 1.000,00 |
| Produtividade (m³/ha) | 33 | 67 | 81 | 300 |
| Faturamento (R\$/ha) | 13.190,00 | 33.920,00 | 56.900,00 | 300.000,00 |
| Resultado (R\$/ha) | 190,00 | 23.420,00 | 47.800,00 | 292.000,00 |
| (R\$/ha/ano) | 10,55 | 1.301,11 | 2.655,55 | 16.222,22 |

Obs: receitas obtidas com o corte das árvores aos 18 anos sem considerar a receita obtida com a pecuária. Recomenda-se a utilização do cenário conservador, ou seja, uma receita de 1301,11 ha/ano com as árvores de teca abatidas aos 18 anos mais a receita anual obtida com a pecuária no sistema silvipastoril com teca, em média de 270,00/ha. A receita anual com a pecuária foi calculada partindo de arrendamento para 1,5 cabeça por hectare, por 15,00 ao mês, pelos 12 meses do ano, mais ou menos correntes atualmente na região de Alta Floresta, MT.

Fonte: Antônio Francisco dos Passos – Fazenda Bacaeri, Alta Floresta, MT.



Figura 7. Integração pecuária-floresta com teca e *B. brizantha* cv. Marandu. Fazenda Bacaeri – Alta Floresta, MT. Fonte/foto: Maurel Behling (20/03/2011).

Área 5: Fazenda Certeza – Querência, MT

Proprietário: Neuri Norberto Wink

Área com silvicultura: 15 ha de seringueira (visando produção de látex) implantada em junho de 2009 no espaçamento de 8,0 x 2,5 m.

Estratégia: iLF – consórcio de seringueira com soja na safra e milho ou milheto na safrinha nos primeiros cinco anos do sistema. Com os resultados dos dois primeiros anos, estima-se que a lavoura custeará cerca de 70 % da implantação e da condução da seringueira no sistema de iLF. A partir do 6º ano, será introduzida uma forrageira leguminosa com elevada tolerância ao sombreamento nas entrelinhas da seringueira visando prestação de serviços ao sistema.

Regiões onde o modelo é recomendado: regiões tradicionais de lavouras.



Figura 8. Consórcio de seringueira com soja no 3º ano agrícola do sistema iLF. Fazenda Certeza – Querência, MT. Fonte/foto: Bruno Pedreira (11/02/2012).

Área 6: Fazenda Gamada – Nova Canaã do Norte, MT

Proprietário: Mario Wolf Filho

Área com sistema agrossilvipastoril: 70 ha (eucalipto, teca, pinho cuiabano e pau-de-balsa), implantada em janeiro de 2009, em diferentes configurações (arranjos de iLPF).

Estratégia: iLF - consórcio das diferentes espécies florestais (eucalipto, teca, pau-de-balsa e pinho cuiabano) com lavouras graníferas (arroz no 1º ano e soja no 2º e 3º ano) nos três primeiros anos agrícolas do sistema. Na safrinha do 3º ano agrícola, foram introduzidas as forrageiras (*B. brizantha* cv. Piatã, *B. ruziziensis* e o Híbrido Convert HD) em talhões de 5 ha onde, 50 dias depois, iniciou o pastejo rotativo dos bovinos de corte, resultante do cruzamento da raça Rubia Gallega com Nelore (F1), na fase de recria. Resultados agro-econômicos do 3º ano agrícola de três sistemas iLPF encontram-se na Tabela 3.

Regiões onde o modelo é recomendado: regiões tradicionais de lavouras próximas a áreas com pecuária.

Tabela 4. Produtividade (sacas ou $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), receita e margem líquida (ha^{-1}) do sistema de iLPF, em função da configuração (linhas simples, duplas ou triplas), no ano agrícola 2010-11 (3º Ano Agrícola). Fazenda Gamada, Nova Canaã do Norte - MT, 2011.

| Sistema (árvores $\text{ha}^{-1}/\%$ da área em floresta) | Componente | | | | Receita da iLPF ha^{-1} | Margem Líquida da iLPF ha^{-1} |
|--|-----------------------------|------------------|------------------------|------------------|-------------------------------------|---|
| | Floresta** | | Lavoura*** | | | |
| | $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ | ha^{-1} | sacas ha^{-1} | ha^{-1} | | |
| 1. Eucalipto: linha única (250 / 10,0) | 24 | 720 | 50,3 (55,9) | 1.861,47 | 2.581,47 | 1.062,78 |
| 2. Eucalipto: linhas duplas (435 / 21,7) | 28,2 | 846 | 39,9 (51,0) | 1.477,52 | 2.323,52 | 1.070,13 |
| 3. Eucalipto: linhas triplas (577 / 30,7) | 31,5 | 945 | 32,3 (46,6) | 1.194,87 | 2.139,87 | 931,42 |
| 4. Soja (0 / 0,0) | - | - | 58,3 | 2.157,10 | 2.157,10 | 905,49 |
| 5. Eucalipto Solteiro (1.666 / 100,0) | 40 | 1200 | - | - | 1.200,00 | 503,27 |

* Estimativas realizadas em maio/2011.

** Produtividade estimada pelo Programa Sis-Eucalipto (Embrapa Floresta) para regime de manejo visando corte final aos 7 anos. Valor da lenha para floresta “em pé”: $30,00 \text{ m}^3$.

*** Valor da soja: $37,00 \text{ saca}^{-1}$.



Figura 9. Consórcio de soja com eucalipto no 2º ano agrícola do sistema de iLPF. Fazenda Gamada – Nova Canaã do Norte, MT. Fonte/foto: Embrapa Agrossilvipastoril (02/12/2010).



Figura 10. Consórcio de soja com pinho cuiabano no 2º ano agrícola do sistema de iLPF. Fazenda Gamada – Nova Canaã do Norte, MT. Fonte/foto: Bruno Pedreira (19/02/2011).



Figura 11. Integração lavoura-pecuária-floresta, cruzamento industrial (Rubia Gallega x Nelore), Capim Sudão e eucalipto nos 3,5 anos do sistema. Fazenda Gamada – Nova Canaã do Norte, MT. Fonte/foto: Bruno Pedreira (30/07/2011).



Figura 12. Consórcio de eucalipto (H13), na configuração de renques triplos, com *B. brizantha* cv. Piatã no 4º ano agrícola do sistema de iLPF sendo pastejada por bovinos de corte na fase de recria. Fazenda Gamada – Nova Canaã do Norte, MT. Fonte/foto: Embrapa Agrossilvipastoril (11/04/2012).



Figura 13. Consórcio de pinho cuiabano, na configuração de linha tripla, com *B. brizantha* cv. Piatã no 3º ano agrícola do sistema iLPP sendo pastejada por bovinos de corte (Nelore) na fase de recria. Fazenda Gamada – Nova Canaã do Norte, MT. Fonte/foto: Bruno Pedreira (30/07/2011).

Área 7: Fazenda Dona Isabina – Santa Carmem, MT

Proprietário: Agenor Vicente Pelissa

Área com sistema agrossilvipastoril: 10 ha com eucalipto e mogno africano, implantada em dezembro/2010, em diferentes configurações;

Estratégia: iLPP - consórcio de eucalipto (quatro materiais distintos) e mogno africano (*Kaia ivorensis*) com lavouras graníferas (arroz no 1º ano e soja no 2º e 3º anos) nos três primeiros anos agrícolas do sistema. Na safrinha do 3º ano agrícola, em consórcio com milho, foi introduzido o *Panicum maximum* cv. Massai e *B. brizantha* cv. Piatã, com início de pastejo de ovinos 30 dias após a colheita do milho.

Regiões onde o modelo é recomendado: regiões tradicionais de lavouras e para a reforma de pastagens degradadas com a cultura do arroz.



Figura 14. Consórcio de mogno africano (24 x 6 m) com feijão caupi no 2º ano agrícola do sistema de iLPF. Fazenda Dona Isabina – Santa Carmem, MT. Fonte/foto: Diego Barbosa Alves Antonio (11/04/2012).



Figura 15. Consórcio de mogno africano (24 x 6 m) com soja (BRSMG 811C) no 3º ano agrícola do sistema de iLPF. Fazenda Dona Isabina – Santa Carmem, MT. Fonte/foto: Flávio Jesus Wruck (18/01/2013).

Considerações

A integração dos sistemas de pecuária e silvicultura constitui um novo paradigma para a pecuária brasileira, principalmente para os produtores de leite. Esses sistemas têm potencial para aumentar a produção de carne e leite diversificando a produção com a inclusão do componente florestal e otimizando o uso dos fatores de produção (solo, água e luz).

No Brasil, os resultados obtidos com os sistemas de integração Pecuária-Floresta são animadores e expressam melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; sem contar os ganhos ambientais e sociais. No entanto, a adoção deste conjunto de tecnologias ainda é pequena, o que se deve, em parte, à maior complexidade do sistema de iPF e à necessidade de maior investimento para a implantação das árvores. Entretanto, a amortização desses investimentos é possível, pois há linhas de créditos específicas para a iLPF, criadas pelo Plano ABC com maiores períodos de carência, que possibilitam o rompimento desta barreira.

A parceria entre pecuaristas e silvicultores é umas das alternativas para fomentar o sistema de iPF. A parceria contribui para aumentar a área com florestas plantadas e também para aumentar a produtividade animal, o que pode ser feito através da melhoria do potencial produtivo de algumas áreas e/ou a recuperação de áreas degradadas ou em processo de degradação, sem necessidade de desmatar novas áreas de florestas nativas.

A coexistência de sistemas, muito bem estruturados, de produção de leite e produtos madeireiros e não madeireiros é um dos fatores que contribui, de forma determinante, para que o conjunto de tecnologias estratégicas denominado integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), principalmente a modalidade de integração Pecuária-Floresta (iPF), seja adotado para aumentar a produtividade e competitividade da pecuária brasileira. Dessa forma, se visualiza que, em um futuro próximo, a convivência sustentável da atividade agrícola, pecuária e silvícola seja a regra da agropecuária brasileira e não uma exceção.

Em uma visão futurista, é importante ter consciência de que será necessário expandir a produção de alimentos, fibras e biocombustíveis no mundo. Porém, não basta apenas aumentar a produção, a qual abrange dimensões técnico-econômicas, sociais e ambientais, pois essa expansão da oferta de alimentos deverá ocorrer com respeito aos critérios da sustentabilidade. Assim, evitar o avanço da fronteira agrícola sobre florestas nativas, por exemplo, pela substituição das pastagens de baixa produtividade (em degradação) por outros sistemas agrícolas destinados à

produção de alimentos, fibras e energia, utilizando sistemas de iLPF, constitui uma ação primordial para atingir essa meta.

Por fim, se deve considerar que o sistema de iPF juntamente com as outras modalidades de iLPF, embora seja uma excelente tecnologia, não é uma solução mágica. A viabilidade das tecnologias agropecuárias nos sistemas de produção é fortemente influenciada, em curto prazo, pelos termos de troca da região, pois variações substanciais nos preços relativos dos fatores (p.ex. insumos mais valorizados do que os produtos) podem inviabilizar a adoção das tecnologias intensivas do capital. Ademais, a adoção de tecnologias mais intensas do capital em larga escala, como os sistemas de iLPF, depende de preços minimamente viáveis e, obviamente, de linhas de crédito adequadas, em termos de volume de recursos e prazos de pagamento. A adequada capacitação dos assessores/consultores técnicos, que elaboram e acompanham a implantação e o desenvolvimento de projetos com iLPF junto aos produtores rurais, e a maior capacidade gerencial para a condução eficiente dos sistemas de produção são igualmente necessárias para o sucesso da tecnologia. Falhas, em qualquer um desses fatores, colocam em risco o sucesso da iLPF.

Referências bibliográficas

- ARIAS, R.A.; MADER, T.L.; ESCOBAR, P.C. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. **Archivos de Medicina Veterinária**, 40, p. 7-22. 2008.
- ASSIS, E. S. Bases para a adequação climática de construções e instalações rurais para a criação de animais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOCLIMATOLOGIA, 1, Jaboticabal, p.261-273, 1995.
- ASSMANN, A. L. et al. Produção de gado de corte e acúmulo de matéria seca em sistema de integração lavoura-pecuária em presença e ausência de trevo branco e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 37-44, 2004.
- BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. STONE, L. F. (Ed, tec.). **Marco referencial: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Reference document: crop-livestock-forestry integration**. Brasília, DF: Embrapa, 2011.
- BROWN-BRANDL T.M.; NIENABER, J.A.; EIGENBERG, R.A.; MADER, T.L.; MORROW, J.L.; DAILEY, J.W. Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. **Livestock Science**, 105, p.19-26. 2006.
- BROUGHAM, R. W. Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. **Australian Journal of Agricultural Research** v. 9, n. 1, p. 39-52, 1957. Disponível em: < <http://www.publish.csiro.au/paper/AR9580039.htm> >.
- CONWAY, G. R. The properties of agroecosystems. **Agricultural Systems**, v. 24, p. 95-117, 1987.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2010. Acesso em: sep 2010.
- GARCIA, R.; BERNARDINO, F. S.; GARCEZ NETO, A. F. Sistemas Silvopastoris. In: EVANGELISTA, A. R.; TAVARES, V. B.; MEDEIROS, L. T.; VALERIANO, A. R. (Org.) **Forragicultura e Pastagens: Temas em evidência**. Lavras, MG: Editora UFLA, 2005, v.5, p. 1-64.
- GOMIDE, C. A. D.; GOMIDE, J. A. Growth analysis of Panicum maximum Jacq. cultivars. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 4, p. 675-680, Jul-Aug 1999. ISSN 0100-4859. Disponível em: < <Go to ISI>://000084687700003 >.

- IBGE. **Brazilian Institute of Geography and Statistics:**
<http://www.ibge.gov.br/> 2008.
- OLIVEIRA NETO, S. N.; REIS, G. G. DOS; REIS, M. G. F.
Eucalipto: as questões ambientais e seu potencial para sistemas Agrossilvipastoris. In: Fernandes, E. N. et. a. (Ed) **Sistemas Agrossilvipastoris na América do Sul:** desafios e potencialidades. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007. Cap. 9, p. 245-282.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C.
Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V. **Arborização de pastagens: I - procedimentos para introdução de árvores em pastagens convencionais.** Comunicado Técnico. Colombo, p.8. 2006
- PORFIRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M. J. S.; NICODEMO, M. L. F.; DERETI, R. M. Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 49p.
- SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. A produção animal na visão dos brasileiros – Reunião anual da SBZ, 2001, Piracicaba. SBZ. p.731-754.
- SCHREINER, H. G. Tolerância de quatro gramíneas forrageiras a diferentes graus de sombreamento. **Boletim Pesquisa Florestal**, v. 15, n. 1, p. 61-72, 1987.
- SEPLAN-MT. **Anuário Estatístico de Mato Grosso - 2007.** SEPLAN-MT. Cuiabá: Carlini & Caniato Editorial. 29: 890 p. 2008.
- SHELTON, H. M.; HUMPRHEYS, L. R.; BATELLO, C. Pastures in the plantations of Asia and the Pacific performance and prospect. **Tropical Grasslands**, v.21, n.4, p.159-168, 1987.
- STEWART, R. L. et al. Herbage and animal responses to management intensity of continuously stocked bahiagrass pastures. **Agronomy Journal**, v. 99, n. 1, p. 107-112, Jan-Feb 2007. ISSN 0002-1962. Disponível em: <<Go to ISI>://000243418800014 >.
- STTOT, G.H. Immunoglobulin absorption in calf neonates with special considerates of stress. **Journal of Dairy Science**, 63, 681-688, 1980.
- VARELLA, A. C. Escolha e manejo de plantas forrageiras para sistemas de integração floresta-pecuária no sul do Brasil. In:

- Seminários de Pecuária de Corte, V, 2008, Bagé, RS, **Palestras...** Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2008. p. 67-83 (disponível em <http://www.embrapa.cppsul.br/publicações>).
- VEIGA, J. B.; SERRÃO, E. A. S. **Sistemas silvipastoris e produção animal nos trópicos úmidos:** a experiência da Amazônia brasileira. Campinas: SBZ/FEALQ, 1990. p. 37-68.
- VENTURIN, R. P.; GUERRA, A. R.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; MESQUITA, H. A. Sistemas Agrossilvipastoris: origem, modalidades e modelos de implantação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, n. 257, p. 16-24, 2010.
- VILELA, L.; BARCELOS, A. O.; SOUSA, D. M. G. **Benefícios da Integração entre Lavoura e Pecuária.** Documentos. Planaltina, p.20. 2001.
- WEBSTER, A.J.F. Environmental stress and the physiology, performance and health of ruminants. **Journal of Animal Science**, 57, p. 1584-1593, 1983.