

Pasturas Tropicales

Volumen 25, No. 1 Abril 2003 ISSN 1012-7410



CIAT

Centro Internacional de Agricultura Tropical
International Center for Tropical Agriculture

Pasturas Tropicales

Volumen 25, No. 1

Abril 2003

ISSN 1012-7410

Publicación de la Dirección de Cooperación Regional y el Proyecto de Forrajes Tropicales del CIAT.

Comité Editorial:

Carlos Lascano, Zootecnista, Coordinador, Proyecto Gramíneas y Leguminosas Tropicales

John Miles, Fitomejorador, Proyecto Gramíneas y Leguminosas Tropicales

Pedro J. Argel, Consultor, Proyecto Gramíneas y Leguminosas Tropicales

Alberto Ramírez P., Editor Técnico

Mariano Mejía, Supervisor de Servicios de Referencia, Unidad de Información

Producción: La Rosetta, T. 3326979-Cali

El propósito de esta publicación es servir como medio de comunicación entre los investigadores de forrajes de zonas tropicales que están involucrados en la introducción, evaluación y utilización de gramíneas y leguminosas forrajeras.

El Comité Editorial recibirá complacido contribuciones de los lectores e interesados. Para tal efecto, dirigirse a: Revista Pasturas Tropicales, Proyecto Gramíneas y Leguminosas Tropicales, CIAT, Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.

c.lascano@cgiar.org

amire@aolpremium.com

Foto carátula:

Cultivar Mulato, un híbrido de *Brachiaria* caracterizado por su rápido establecimiento y alta calidad nutritiva, desarrollado por el Programa de Forrajes Tropicales del CIAT.

(Foto: Belisario Hincapié)

Derechos de autor CIAT 2003. Todos los derechos reservados

El CIAT propicia la amplia disseminación de sus publicaciones impresas y electrónicas para que el público obtenga de ellas el máximo beneficio. Por tanto, en la mayoría de los casos, los colegas que trabajan en investigación y desarrollo no deben sentirse limitados en el uso de los materiales del CIAT para fines no comerciales. Sin embargo, el Centro prohíbe la modificación de estos materiales y espera recibir los créditos merecidos por ellos. Aunque el CIAT elabora sus publicaciones con sumo cuidado, no garantiza que sean exactas ni que contengan toda la información.

Contenido

Pág.

Artículos Científicos

- Modelos matemáticos para estimar os parâmetros de
degradação de sorgo através das curvas de produção de gás .
**R. Rosero, E. de Oliveira Simões, L. C. Gonçalves,
N. M. Rodriguez, e J. A. dos Santos Rodrigues 2**
- Absorção e acúmulo de nutrientes no capim cv. Tanzânia
(*Panicum maximum*) em resposta à aplicação de nitrogênio
como chorume bovino. **L. Tavares Schmidt, P. F. Dias,
S. Manhães Souto, R. O. P. Rossiello e A. de Moura Zanine 10**
- Fósforo disponível em solos distintos para a rebrota das
gramíneas cvs. Mombaça, Marandu e Planaltina.
**E. E. Mesquita, J. C. Pinto, M. C. J. Belarrmino,
A. E. Furtini Neto e I. P. A. Santos 17**

Notas de Investigación

- Melhoramento da fertilidade do solo em pastagem de
Brachiaria decumbens associada com leguminosas arbóreas.
D. F. Xavier, M. M. Carvalho, M. J. Alvim e M. A. Botrel 21
- Levantamento da ocorrência de árvores em pastagens em
áreas de relevo acidentado no estado do Rio de Janeiro.
S. M. Souto, Avílio A. Franco, e Eduardo F. C. Campello 27
- Composição química, digestibilidade e fracionamento do
nitrogênio e dos carboidratos de algumas espécies
forrageiras. **L. J. Magalhães, J. da Costa Carneiro,
D. S. Campos, R. M. Maurício, M. J. Alvim e D. F. Xavier 33**
- Composição química, digestibilidade e fracionamento do
nitrogênio e dos carboidratos de leguminosas arbóreas.
**J. da C. Carneiro, L. J. Magalhães Aroeira, D. S. Campos
Paciullo, D. F. Xavier, M. J. Alvim e R. M. Maurício 38**
- Devolution rates of grass by *Atta capiguara* (Hymenoptera,
Formicidae) in field conditions. **J. F. S. Lopes, L. C. Forti,
M. A. C. Boaretto, R. S. Camargo, A. P. P. Andrade,
V. M. Ramos and N. S. Nagamoto 42**

Comentario

- Impacto económico potencial de la investigación en forrajeras
tropicales para la Orinoquia colombiana. **Convenio MADR - CIAT 46**

Modelos matemáticos para estimar os parâmetros de degradação de sorgo através das curvas de produção de gás

R. Rosero*, E. de Oliveira Simões**, L. C. Gonçalves**, N. M. Rodriguez**, e J. A. dos Santos Rodrigues***

Introdução

Os métodos *in vitro* e *in situ* são empregados para estimar a degradabilidade da MO dos alimentos para ruminantes. Alternativamente a cinética de degradação dos alimentos pode ser determinada a partir do volume de gás produzido durante o processo fermentativo *in vitro* mediante a incubação do alimento com fluido ruminal e uma solução tampão a temperatura constante (39 °C) (Menke et al., 1979). Este método pode ser usado para determinar as taxas de degradação dos alimentos pelo monitoramento das taxas de produção de gás durante determinados intervalos de tempo (Beuvink e Kogat, 1993).

A descrição matemática das curvas de produção de gás permite a análise dos dados, a comparação de substratos e a avaliação de diferentes ambientes de fermentação, proporcionando valiosa informação sobre a composição do substrato e as taxas de fermentação dos constituintes solúveis e estruturais do substrato. O desenvolvimento de novos equipamentos para avaliar a cinética de fermentação através desta técnica (Cone et al., 1994; Theodorou et al., 1994; Maurício et al., 1999) permite traçar curvas de produção de gás com maior precisão onde diferentes processos podem ser identificados o que faz com que seja necessário o emprego de modelos mais complexos que permitam um melhor ajuste estatístico dos dados.

Tem sido propostos diferentes modelos matemáticos para estimar os parâmetros de degradação através das curvas de produção de gás (Mertens e Loften, 1980; France et al., 1993; Beuvink e Kogat, 1993; Schofield et al., 1994; Groot et al., 1996) todos apresentam vantagens e desvantagens de ajuste um frente ao outro, dependendo das condições experimentais e do tipo de substrato em estudo.

O objetivo do presente estudo foi comparar diferentes modelos matemáticos e avaliar sua capacidade de ajuste para descrever a cinética de produção de gás de cinco genótipos de sorgo colhidos em três estádios de maturação.

Materiais e métodos

Fonte e preparação dos substratos

Foram empregados cinco genótipos de sorgo: Massa 3, Volumax, BR 601, BR 700 e BR 701. Os genótipos foram plantados nas dependências da Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo no município de Sete Lagoas, Minas Gerais. Cada genótipo foi plantado em três canteiros diferentes que constituíram as repetições e colhidos em três épocas de corte diferentes, fazendo um total de 45 materiais para incubação.

A colheita dos materiais foi feita aos 7, 28 e 49 dias após o florescimento que ocorreu aos 90 dias depois do plantio. Após a colheita de todo o material, as forragens foram picadas em partículas com tamanho médio de 2 cm, empregando-se uma picadeira estacionária 'Nogueira modelo DPM-4'. O material dos cinco genótipos de sorgo nas três épocas de corte foi individualmente homogenizado e seco em estufa de ventilação forçada com temperatura de 60-65 °C por 72 h. As amostras secas foram moídas através de peneira de 1 mm, utilizando-se um moinho estacionário 'Thomas-Wiley' modelo 4.

* Zootecnista, D.Sc. Profesor auxiliar. Facultad de Agrozootecnia, Universidad del Cauca, Colombia.
 ** Zootecnista, Profesor, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária da UFMG Caixa Postal 567, Campus da UFMG CEP 30123-970 Belo Horizonte, MG - Brasil
 *** Ing. Agrônomo, D.Sc., Investigador. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropéculária-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (EMBRAPA-CNPMS). Rodovia MG 424, Km 65 Caixa Postal: 151 CEP: 35701-970 Sete Lagoas-MG - Brasil.

Preparação do meio de cultura

O meio de cultura foi preparado 1 dia antes do início do experimento de acordo com as recomendações feitas por Mauricio et al. (2001). O meio foi fortemente agitado para permitir a completa mistura das soluções, transferido dentro de uma capela e saturado com CO₂ por 2 h até atingir uma leve coloração rosa.

Preparação dos frascos de incubação

A incubação foi feita em frascos de vidro com capacidade para 125 ml. Um dia antes do início do experimento foram adicionados manualmente a cada frasco 90 ml de meio de cultura mediante a utilização de uma proveta graduada. Os frascos foram vedados com rolhas de borracha (14 mm) e mantidos em geladeira a 4 °C para evitar qualquer tipo de fermentação. Cinco horas antes da inoculação os frascos foram removidos da geladeira e levados para estufa a 39 °C.

Preparação do inóculo e inoculação

O líquido ruminal foi obtido de uma vaca fistulada mantida no Hospital Veterinário da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. O animal doador era alimentado a vontade com silagem de milho, 2 kg de ração concentrada e sal mineralizada. O líquido ruminal foi retirado manualmente de várias partes do rúmen e armazenado em garrafas térmicas previamente aquecidas com água a 40 °C. Após a coleta, o líquido ruminal foi filtrado através de duas camadas de panos de algodão, a parte sólida retida nos panos foi rapidamente transferida para um liquidificador com certa proporção de líquido ruminal e liquidificado por 20 seg. Após este procedimento o material liquidificado foi filtrado novamente e transferido para um 'erlenmeyer' mantido em banho-maria a 39 °C sendo continuamente saturado com CO₂. Este procedimento foi feito para garantir que o inóculo resultante estivesse composto por microorganismos ruminais aderidos e não aderidos à fibra (Theodorou et al., 1994).

Os frascos com o meio de cultura e o substrato foram inoculados com 10 ml de líquido ruminal usando uma seringa graduada de 10 ml e totalmente vedados foram agitados manualmente e transferidos para estufa a 39 °C (tempo zero).

Leituras da produção de gás

A pressão originada dos gases acumulados na parte superior dos frascos foi medida através de um

transdutor de pressão conectado a um leitor digital, os dados de pressão foram rapidamente transferidos e armazenados em um computador para sua posterior análise. As leituras foram feitas nos horários 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 36, 48, 72 e 96 horas. Uma agulha acoplada ao transdutor de pressão foi inserida através da tampa de borracha e a pressão medida e armazenada.

Modelos

Diferentes modelos para descrever a cinética de produção de gás tem sido relatados por Beuvinck e Kogut et al., (1993) e Schofield (2000). Para este estudo foram escolhidos quatro modelos (Tabela 1): (1) Modelo não sigmoidal que é utilizado com frequência na avaliação da degradação dos alimentos pela técnica *in situ* (Orskov e McDonald, 1979), este modelo supõe que a taxa de produção de gás depende unicamente do substrato disponível para fermentação uma vez atingido o tempo de colonização. (2) Modelo logístico proposto por Schofield et al. (1994) que supõe que a produção de gás é proporcional ao tamanho da população microbiana e ao substrato digestível. No início da fermentação, a população microbiana constitui o fator limitante, já no final da fermentação é a disponibilidade de substrato fermentável o que limita a taxa de produção de gás (Schofield et al., 1994). Em consequência a curva logística é inerentemente sigmoidal e a máxima taxa de produção de gás ocorre quando a metade do substrato tem sido fermentado. (3) Modelo proposto por France et al. (1993) é empírico e muito semelhante ao modelo exponencial simples proposto por Orskov e McDonald (1979), ele conserva o conceito do tempo de colonização e a taxa de degradação é postulada para variar com o tempo de incubação. (4) Modelo de Gompertz proposto por Lavrencic et al. (1997), supõe que a taxa de produção de gás é proporcional à atividade microbiana, mas a proporcionalidade diminui com o tempo de incubação o que pode ser interpretado como a perda de eficiência na taxa de fermentação com o tempo.

Validação dos modelos

O estudo dos resíduos é uma técnica que pode ser utilizada para distinguir a qualidade de ajuste entre diferentes modelos. Os resíduos foram analisados graficamente e testados para um amplo número de corridas visando determinar se os modelos superestimam ou subestimam certas seções da curva de degradação. Outros critérios de avaliação foram os quadrados médios do erro (QME) e os coeficientes de determinação (R²), além do julgamento na coerência das estimativas dos parâmetros com significado

Tabela 1. Descrição matemática dos modelos testados.

Modelo	Número de parâmetros	Equação ^a
Exponencial	3	$V_T = \Sigma V_{Fn} \times (1 - \exp(-k_n \times (t - L_n)))$
Logístico	3	$V_T = \Sigma V_{Fn} \times (1 + \exp(2 - 4 \times S_n \times (t - L_n)))^{-1}$
France	4	$V_T = V_F \times \{1 - \exp[-b \times (t - L) - c \times (\sqrt{t} - \sqrt{L})]\}$
Gompertz	3	$V_T = V_F \times \exp(-c)(\exp(-A \times t))$

a. V_T = volume de gás no-tempo; V_{Fn} = volume de gás correspondente à completa digestão do substrato (asintota); k_n = taxa constante (h^{-1}); L, L_n = tempo de colonização; S_n = representa uma taxa específica semelhante à taxa de degradação k_n ; c = taxa constante de produção de gás do material potencialmente degradável. A = fator constante de eficiência microbiana.

biológico. Os QME foram avaliados através do análise de variância com o auxílio do procedimento Proc Anova (SAS, 1985).

As curvas de ajuste e as estimativas dos parâmetros, assim como também o estudo dos resíduos foi feito através do processo iterativo do algoritmo Marquardt com a ajuda do procedimento para modelos não lineares (Proc Nlin) do SAS (1985).

Resultados e discussão

Existem diferentes criterios de avaliação para determinar a qualidade de ajuste entre modelos, entre eles o coeficiente de determinação (R^2), os quadrados médios do erro (QME) e o valor dos resíduos, definidos como a diferença entre os valores observados e os preditos pelo modelo. O coeficiente de determinação como unico critério de avaliação não constitui um bom indicador de ajuste, uma vez que altos coeficientes podem ser observados em modelos com limitada capacidade de predição.

Na avaliação estatística do modelo é importante lembrar que a soma quadrado total (SQT) é sempre a mesma para um determinado conjunto de dados. A SQT na análise de variância da regressão não linear é dividida em duas partes, uma parte chamada soma quadrado da regressão (ou modelo) (SQM) e outra chamada soma quadrado do residuo (ou erro) (SQE). Como a SQT é sempre a mesma para um conjunto de dados o valor da SQE depende exclusivamente do

modelo, sendo que modelos que representam melhor um conjunto de dados fornecem menores SQE, que posteriormente serão utilizados para o calculo dos QME constituindo assim um adequado critério de avaliação entre modelos.

A Figura 1 mostra os QME dos modelos para 45 curvas de produção de gás. Em todos os casos o ajuste exponencial dos dados apresentou os maiores valores quando comparados aos obtidos para os modelos logístico, Gompertz e France. Para os modelos Gompertz, logístico e France os valores dos QME foram geralmente baixos; os modelos Gompertz e France apresentaram QME muito próximos para 67% dos substratos avaliados. Devido a que a variação dos QME do modelo exponencial foram maiores que a variação observada para os obtidos com os outros modelos, estes foram comparados através do análise de variância. Os QME foram maiores para o modelo exponencial ($P < 0.05$), seguido pelo modelo logístico (Tabela 2). Embora o modelo France tivesse apresentado os menores QME ($P > 0.05$) foi estatisticamente equivalente do modelo Gompertz.

A Figura 2 ilustra o ajuste provido pelos modelos para os dados de produção de gás de um dos substratos avaliados neste experimento. O modelo France subestima a produção de gás nos primeiros horários de incubação, subestima a asymptota e não fornece um adequado ajuste para a fase exponencial da curva. O modelo exponencial da mesma forma que o modelo France subestima a produção de gás nos

Tabela 2. Médias dos quadrados médios do resíduo (QME, $n = 45$) obtidos a partir do ajuste dos dados de produção de gás aos modelos exponencial, logístico, Gompertz e France.

Modelo	Média QME	Exponencial	Logístico	Gompertz
		DMS		
Exponencial	727.29	—	—	—
Logístico	278.07	449.22**	96.97**	—
Gompertz	181.10	546.19**	175.85**	78.88 ns.
France	102.22	625.07**		

DMS = Diferença mínima significativa (** $P < 0.01$).

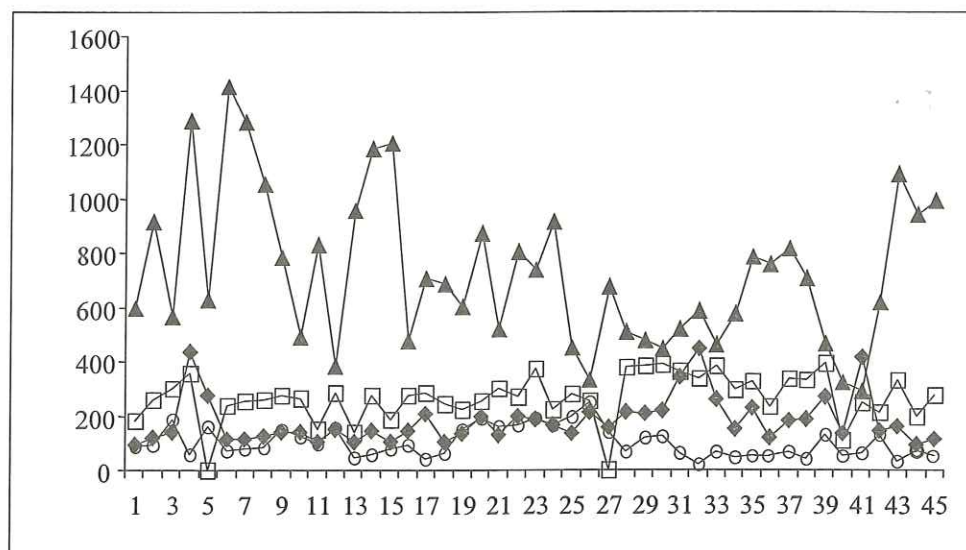


Figura 1. Representação gráfica dos quadrados médios do erro (QME) correspondentes a 45 curvas de produção de gás descritas pelos modelos exponencial (s), logístico (□), Gompertz (◆) e France (○).

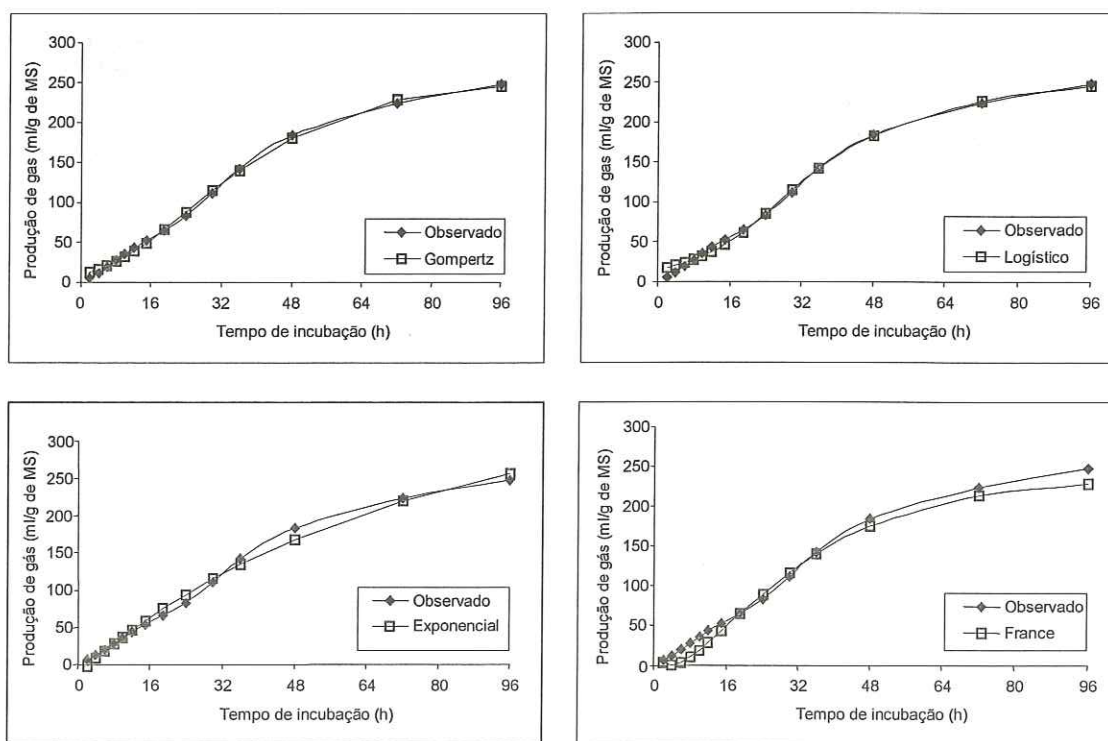


Figura 2. Produção acumulativa de gás para um genótipo de sorgo (u; ml de gás/g de MS) e ajuste dos modelos Gompertz, exponencial, logístico e France (□).

primeiros horários e não apresenta um adequado ajuste ao longo do tempo. Contrariamente, o modelo logístico superestima a produção de gás nos primeiros horários de incubação e se ajusta melhor à fase asintótica da curva. Já o modelo Gompertz supera todos estes problemas e fornece um adequado ajuste nos primeiros estádios do processo fermentativo assim como também na fase asintótica da curva.

Desta forma este modelo mostra-se adequado para descrever as características de fermentação de substratos com rápidas taxas de produção de gás nos primeiros horários de incubação e com um lento crescimento da fase asintótica como no caso das forrageiras tropicais. As curvas de produção de gás apresentam forma sigmoidal e nelas podem ser ditinguidas três fases: inicial de lenta produção de

gás, exponencial de rápida produção de gás e, assintótica onde existe uma lenta ou quase nula produção de gás.

Na Figura 3 podem ser vistas as dispersões temporais dos resíduos em relação aos valores efetivamente observados após o ajuste dos dados individuais de produção de gás (ml de gás/g de MS) aos modelos. Como observado na Figura o modelo exponencial subestima a produção de gás durante a fase inicial (primeiras 6 h de incubação). No período compreendido entre as 6 e 24 h este modelo prediz taxas de produção de gás maiores às observadas, entanto que no período compreendido entre as 30 e 72 h de incubação apresenta uma clara subpredição dos volumes de gás produzidos. Finalmente na fase assintótica para todos os substratos avaliados foi verificada uma superestimação dos valores de gás produzidos.

Quando observados as Figuras de dispersão para os modelos logístico e Gompertz pode ser verificado que eles apresentam um comportamento semelhante ao longo do tempo, com pequenas diferenças. Durante a fase inicial ambos modelos superestimam a produção de gás, mas os valores preditos pelo modelo logístico são muito menores que os preditos pelo modelo Gompertz o que faz com que este último seja mais acurado em prever os volumes de gás produzido nos primeiros horários de incubação.

Nos horários de leitura compreendidos entre 6 e 19 h após a inoculação o modelo Gompertz subestima o volume de gás produzido. Sofre um período de estabilização nos horários 24 e 48 h, onde para um grande número de substratos os valores preditos e observados foram muito próximos. Finalmente com 96 h de incubação prediz volumes de gás menores de aqueles observados para todos os substratos. O modelo logístico apresenta o mesmo comportamento que o Gompertz com a vantagem que a diferença entre os valores observados e preditos é menor nos horários de leitura 48, 72 e 96 h o que indica um melhor ajuste do modelo predizendo com exatidão a fase assintótica da curva de produção de gás. Contrariamente aos modelos Gompertz e logístico, o modelo France subestima amplamente os primeiros horários de incubação e a fase assintótica da curva fato pelo qual sua utilização para descrever a cinética de fermentação de forrageiras deve ser considerada com uma vez que subestima o potencial fermentativo das mesmas.

Os dados empregados neste experimento mostram que o ajuste do modelo exponencial é inferior quando comparado aos modelos logístico, Gompertz e France. A menor capacidade de ajuste do modelo exponencial também foi observada por Beuvink e Kogut (1993) quando avaliaram cinco modelos diferentes para descrever a cinética de produção de gás de 50 substratos.

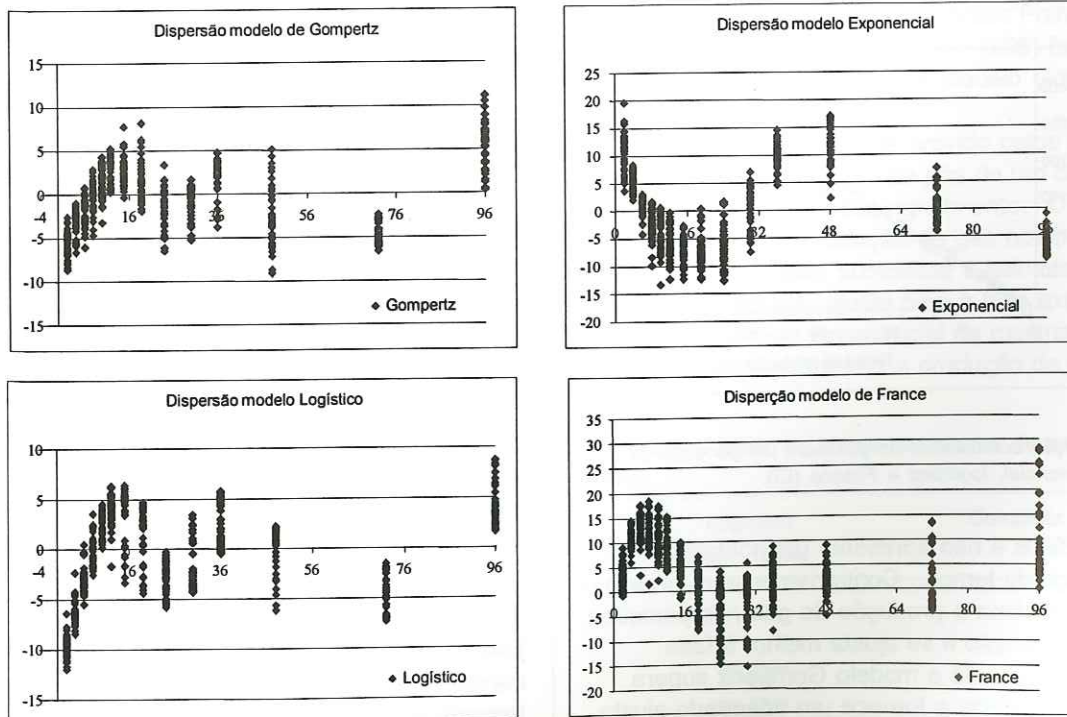


Figura 3. Dispersões temporais dos resíduos (u) obtidos após o ajuste dos dados individuais de produção de gás (ml de gás/g de MS) aos modelos exponencial, logístico, gompertz e France.

Uma possível razão para explicar a falta de ajuste do modelo exponencial poderia ser o fato deste modelo assumir que após do tempo de colonização o alimento é fermentado instantaneamente a uma máxima taxa de degradação. Mas no caso de plantas forrageiras que apresentam diferentes tipos de tecidos com diferente composição e taxas de degradação, isto não é completamente certo.

Histologicamente os tecidos da plantas forrageiras pode ser divididos dentro de três tipos: (1) Material rapidamente fermentável (células do mesófilo), (2) material de lenta fermentação (esclerenquima, parênquima), e (3) material indigestível (tecido vascular lignificado) (Akin, 1979). Nas primeiras horas de incubação uma parte do substrato, principalmente os açúcares solúveis, são fermentados imediatamente, mas eles só constituem uma pequena parte do material potencialmente digestível. A medida que o processo fermentativo continua uma maior quantidade de material é hidratado e colonizado pelos microorganismo ruminais o que origina diferentes taxas de degradação, dependendo da concentração de carboidratos estruturais, teores de lignina e estágio de maturidade da planta. Sob este ponto de vista, o modelo exponencial não é o mais apropriado para descrever a cinética de produção de gás das forrageiras por considera-las como uma entidade uniforme com uma taxa de degradação constante ao longo do tempo.

Na Tabela 3 são apresentados os valores estimados pelos modelos para as variáveis volume de gás produzido (ml/g de MS), taxa de produção de gás, tempo de colonização (horas) e coeficientes de determinação (R^2) de cinco genótipos de sorgo colhidos em três estágios de maturação estimados pelos modelos exponencial, logístico, Gompertz e France. Os valores estimados pelos modelos para cada uma destas variáveis corresponde à média de três repetições para cada genótipo em cada época de corte.

Quando analisados os valores estimados pelos modelos para a variável volume de gás produzido nas três épocas de corte pode ser verificado que todos apresentaram altos coeficientes de determinação ($R^2 > 99\%$), o que indica que este valor usado de maneira isolada não constitui um bom critério de avaliação de ajuste entre modelos. Os valores médios de volume de gás produzido estimados pelos modelos logístico, Gompertz e France para todos os genótipos apresentaram apenas diferenças numéricas ($P > 0.05$) e mostraram-se estatisticamente diferentes dos valores estimados pelo modelo exponencial. É importante salientar que o modelo exponencial

superestimou o volume de gás produzido para todos os materiais em estudo.

Ao serem comparados os volumes de gás produzidos entre genótipos pode ser verificado, que independentemente da época de colheita do material, os modelos logístico e Gompertz classificaram de maneira semelhante os materiais em estudo, apresentando pequenas discrepâncias unicamente na segunda época de colheita do material, embora não tenham sido verificadas diferenças estatísticas ($P > 0.05$) entre os volumes de gás preditos pelos modelos.

Por sua parte o modelo exponencial classificou os materiais de maneira diferente, superestimando a produção de gás em todos os genótipos, principalmente nos materiais com menor potencial fermentativo, fato pelo qual diferenças claras entre genótipos foram aparentemente inexistentes. Já o modelo France apresentou um comportamento diferente quando comparado aos modelos Gompertz e logístico subestimando os potenciais de fermentação para 34% dos substratos em estudo o que fez com que alguns materiais fossem penalizados e classificados como de qualidade inferior.

Quando analisadas as taxas de produção de gás que corresponderiam às taxas de degradação estimadas pela técnica *in situ*, pode ser verificado que estatisticamente os valores preditos pelos modelos France, logístico e Gompertz são iguais ($P > 0.05$), apresentando apenas diferenças numéricas.

O modelo Gompertz não permite estimar o tempo de colonização, mas permite estimar um fator de eficiência microbiana que diminui a medida que o potencial de fermentação do substrato decresce ao longo do tempo.

Conclusões

Os modelos Gompertz e France mostraram significativa superioridade de ajuste em termos de coeficiente de determinação e SQE na estimativa dos parâmetros da cinética de produção de gás quando comparados com os modelo exponencial e logístico. As diferenças observadas entre modelos na classificação dos materiais em quanto a seu potencial de fermentação pode levar a conclusões erradas uma vez que a sub ou superestimação na produção de gás poderia classificar claras diferenças entre materiais como inexistentes.

Os modelos empregados na avaliação de alimentos para ruminantes através das técnicas *in situ* e *in vitro* apresentam vantagens e desvantagens de ajuste dependendo das condições experimentais e

Tabela 3. Volume de gás produzido (ml/g de MS), taxa de produção de gás, tempo de colonização (h) e coeficiente de determinação (R^2) de cinco genótipos de sorgo colhidos em três estádios de maturação, estimados pelos modelos exponencial, logístico, Gompertz e France.

Corte	Genótipo (no.)	Volume de gás produzido				Taxa de produção de gás				Tempo de colonização ^a				Coeficiente de determinação (R^2)			
		Gompertz	Logist.	Expon.	France	Gompertz	Logist.	Expon.	France	Gomp.	Logist.	Expon.	France	Gomp.	Logist.	Expon.	France
1	Massa3	251.63 bA*	254.67 bA	331.19 aA	245.61 bAB	0.05 aA	0.052 aB	0.016 bA	0.053 aA	3.44	9.89 aA	2.65 bB	3.45 bA	99.86	99.80	99.20	98.56
	Volumax	227.34 bB	230.47 bB	309.42 aB	220.04 bC	0.047 aA	0.045 aB	0.014 bA	0.049 aA	3.32	9.5 aA	2.23 bB	3.21 bA	99.80	99.65	99.15	99.15
	BR 601	243.54 bAB	242.18 bAB	345.61 aA	232.26 bBC	0.044 aA	0.042 aB	0.012 bA	0.047 aA	3.25	9.37 aA	1.87 bB	3.42 bA	99.79	99.64	99.08	98.96
	BR 700	243.06 bAB	239.81 bAB	291.53 aB	243.80 bAB	0.055 aA	0.052 aA	0.02 bA	0.055 aA	3.34	8.5 aA	2.71 bB	3.14 bA	99.75	99.55	99.44	98.08
	BR 701	250.36 bA	251.80 bA	300.23 aB	255.99 bA	0.058 aA	0.075 aB	0.022 bA	0.055 aA	3.52	9.1 aA	3.09 bB	3.20 bA	99.77	99.62	99.29	99.31
2	Massa3	272.88 bA	276.09 bA	324.88 aB	273.16 bA	0.062 aAB	0.078 aB	0.023 bA	0.064 aA	3.68	10.22 aB	3.30 bA	3.52 bA	99.77	99.75	99.04	99.15
	Volumax	242.96 bBC	247.77 bAB	314.43 aB	252.03 bAB	0.056 aAB	0.056 aC	0.017 bA	0.051 aA	3.87	11.32 aA	3.60 bA	3.85 bA	99.87	99.83	98.73	97.68
	BR 601	252.26 bAB	252.26 bAB	365.26 aA	237.88 bB	0.045 aB	0.04 aC	0.012 bA	0.049 aA	3.37	10.18 aB	2.23 bB	3.65 bA	99.77	99.64	98.96	97.77
	BR 700	246.25 ABC	246.37 bAB	282.48 aC	252.85 bAB	0.063 aAB	0.069 aA	0.026 bA	0.058 aA	3.43	8.36 aC	3.00 bAB	2.6 bB	99.63	99.61	99.45	97.40
	BR 701	221.83 aC	226.02 aB	247.47 aD	226.33 aB	0.065 aA	0.076 aB	0.029 bA	0.062 aA	3.13	6.42 aD	2.22 bB	2.32 bB	99.70	99.75	99.44	98.41
3	Massa3	263.48 bA	267.58 bA	328.60 aA	261.04 bA	0.056 aA	0.058 aB	0.019 bA	0.058 aA	3.68	10.14 aA	3.27 bA	3.66 bA	99.92	99.74	98.90	99.47
	Volumax	229.17 bB	231.63 bB	272.66 aB	235.74 bBC	0.058 aA	0.064 aB	0.022 bA	0.053 aA	3.49	8.7 aB	2.94 bAB	3.00 bA	99.81	99.66	99.21	99.43
	BR 601	244.57 bAB	233.68 bB	318.76 aA	222.69 cC	0.046 aA	0.059 aA	0.015 bA	0.056 aA	3.14	7.86 aB	1.78 bB	2.88 bA	99.78	99.65	99.36	99.14
	BR 700	244.46 bAB	247.13 bB	313.71 aA	253.33 bAB	0.054 aA	0.067 aB	0.017 bA	0.049 aA	3.68	10.75 aA	3.38 bA	3.48 bA	99.81	99.67	99.19	98.90
	BR 701	246.07 bAB	249.57 bAB	315.92 aA	254.30 bAB	0.057 aA	0.058 aB	0.018 bA	0.053 aA	3.83	10.84 aA	3.58 bA	3.69 bA	99.87	99.71	98.89	99.42

* Em um mesmo corte, letras minúsculas iguais nas linhas indicam médias semelhantes para modelos. Em um mesmo corte, letras maiúsculas iguais nas colunas indicam médias semelhantes para genótipos.

a. O modelo Gompertz não faz uma estimativa do tempo de colonização, mas determina um fator de eficiência microbiana feito pelo qual não foi comparado estatisticamente com os valores estimados pelos modelos exponencial, logístico e France para esta variável

do tipo de substrato em estudo. Isto faz com que seja necessária a avaliação de diferentes modelos em diferentes condições experimentais e com uma ampla variedade de substratos que permita a escolha do melhor modelo para cada situação e não a utilização indiscriminada de um único modelo para todos os tipos de substratos nas mais variadas condições experimentais.

Resumen

En el Departamento de Zootecnia de la Universidad Federal de Minas Gerais, Brasil, se evaluaron los modelos matemáticos logístico, Gompertz, France y exponencial utilizados en la descripción de la cinética de producción de gas durante la fermentación *in vitro* de tejido de cinco genotipos de sorgo, cultivados en el campo de Embrapa—Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, município de Sete Lagoas, M.G., Brasil. Las plantas fueron cosechadas 7, 28 y 49 días después de la floración, que ocurrió 90 días después de la siembra. Entre el inicio de la incubación de los materiales y 96 h más tarde se hicieron 14 lecturas de producción de gas. Cada genotipo fue sembrado en tres repeticiones para un total de 45 muestras en incubación por modelo. Los modelos exponencial y France presentaron los menores ajustes para predecir la producción de gas en la fermentación de forraje de sorgo, ya que subestiman la producción y presentan un bajo coeficiente de determinación. El modelo Gompertz presentó un ajuste adecuado para evaluar la tasa de fermentación en trabajos *in vitro* con forrajeras tropicales.

Summary

Four mathematical models—logistic, Gompertz, France, and exponential—were used to describe the kinetics of gas production during *in vitro* fermentation of plant tissue of five sorghum genotypes at the Department of Zootechnics, Federal University of Minas Gerais, Brazil. Genotypes were grown in the field at the Embrapa—National Millet and Sorghum Research Center, located in the municipality of Sete Lagoas (Minas Gerais). Plants were harvested at 7, 28, and 49 days after flowering, which occurred 90 days after planting. Fourteen gas production readings were performed over a 96-h interval, starting from beginning of incubation of materials. Each genotype was planted with three replicates, totaling 45 incubated samples per model. The exponential and France models underestimated the production and presented a low coefficient of determination. The Gompertz model supplied an adequate adjustment and therefore is appropriate to evaluate fermentation rates in *in vitro* work carried out with tropical forages.

Referências

- Akin, D. E. 1979. Microscopic evaluation of forage by rumen microorganisms—A review. *J. Anim. Sci.* 48:701.
- Beuvink, J. M. e Kogut, J. 1993. Modelling gas production kinetics of grass silages incubated with buffered ruminal fluid. *J. Anim. Sci.* 71:1041-1046.
- Cone, J. W.; Beuvink, J. M.; e Rodrigues, M. 1994. Use and applications of an automated time related gas production test for *In Vitro* study of fermentation kinetics in the rumen. *Rev. Portuguesa de Zootecnia* 1:25-37.
- France, J.; Dhanoa, M. S.; Theodorou, M. K.; Lister, S. J.; Davies, D. R.; e Isac, D. A. 1993. Model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. *J. Theor. Biol.* 163:99-111.
- Groot, J. C.; Cone, J. W.; Williams, B. A.; Debersaques, F. M.; e Lantiga, E. A. 1996. Multiphasic analysis of gas production kinetics for *in vitro* fermentation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Techn.* 64:77-89.
- Lavrencic, A.; Stefanon, B.; e Susmel, P. 1997. An evaluation of the Gompertz model in degradability studies of forage chemical components. *Anim. Sci.* 64:423-431.
- Maurício, R. M.; Owen, E. R.; Mould, F. L.; Givens, I.; Theodorou, M. K.; France, J.; Davies, D. R.; e Dhanoa, M. S. 2001. Comparison of bovine rumen liquor and bovine faeces as inoculum for an *in vitro* gas production technique for evaluating forage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 89:33-48.
- Menke, K. H.; Raab, L.; Salewski, A.; Steingass, H.; Frits, D.; e Shneider, W. 1979. The estimation of the digestibility and energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they incubated with liquor *in vitro*. *J. Agric. Sci.* 93:217-222.
- Mertens, D. R. e Lofton, J. R. 1980. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. *J. Dairy Sci.* 63:1437-1446.
- Orskov, E. R. e McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.* 92:499-503.
- SAS Institute. 1985. SAS User's Guide: Statistics. SAS Institute, INC., Cary, North Carolina.
- Schofield, P. 2000. Gas production methods. In: Farm animal metabolism and nutrition. Wallingford, Reino Unido. CAB International. 450 p.
- _____; Pitt, R. E.; e Pell, A. N. 1994. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. *J. Anim. Sci.* 72:2980-2991.
- Theodorou, M. K.; Williams, B. A.; Dhanoa, M. S.; McAllan, A. B.; e France, J. A. 1994. New gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 48:185-197.

Absorção e acúmulo de nutrientes no capim cv. Tanzânia (*Panicum maximum*) em resposta à aplicação de nitrogênio como chorume bovino

L. Tavares Schmidt*, P. F. Dias**, S. M. Souto***, R. O. P. Rossiello[®] e A. de Moura Zanine*

Introdução

O chorume, um efluente líquido residual nas propriedades rurais dedicadas à pecuária leiteira, vem recebendo bastante atenção nos últimos anos, em relação à sua utilização como fertilizante orgânico. Tal interesse é devido, por um lado, ao alto custo dos fertilizantes químicos que limita o seu uso pelos pequenos agricultores, e por outro, à pressão social por uma agricultura sustentável, onde a reciclagem de nutrientes dentro da propriedade contribua não somente para a redução de custos mas também para a redução da poluição ambiental (Simas e Nussio, 2001).

Logo após aplicação do chorume num solo degradado observou-se um rápido aumento na cobertura do solo, favorecendo o aparecimento de espécies nativas, assim como uma melhoria nas suas propriedades físicas e químicas do solo, que em conjunto beneficiaram a infiltração de água (Leiros et al. 1966). Trehan (1995) encontrou que o chorume bovino proporcionou um maior rendimento de matéria seca (MS) do milho do que a adubação nitrogenada mineral. Holm-Nielsen et al. (1990), trabalhando com *Lolium multiflorum* obtiveram aumentos de MS de 11.5 para 14.7 t/ha e de proteína bruta (PB) de 1.89 para 3.39 t/ha, com a aplicação de 50 t/ha de chorume bovino. Também foram observados efeitos positivos sobre os rendimentos de grãos de arroz e de *Vigna mungo* com a aplicação de 40 t/ha de chorume

(Gnanamani e Bai, 1990). Esses autores também observaram que a absorção de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) pelas plantas correlacionaram-se com as taxas de chorume aplicadas. Também, na alfafa, os teores dos nutrientes minerais aumentaram após a fertilização com chorume (Harasimowicz-Helmann, 1991).

A maior eficiência do N do chorume bovino aplicado durante 2 anos, comparado com doses equivalentes de N mineral, foi atribuída a sua aplicação diluída e parcelada (Estavillo et al., 1996). Jensen (1991) encontrou, em beterraba (*Beta vulgaris* var., saccharifera), que no tratamento com chorume bovino os teores de P, K, e de cálcio (Ca); magnésio (Mg) e sódio (Na) foram maiores na parte aérea do que nas raízes, acontecendo o inverso com o teor de N.

Em conjunto, esses resultados evidenciam que o chorume possui um conteúdo de nutrientes minerais disponíveis cuja absorção pela planta ocasiona aumentos significativos na produção de MS. Por outro lado, a distribuição relativa desses nutrientes no vegetal parece depender da espécie considerada, como já havia sido constatado por Wighman et al. (1998).

O presente trabalho objetiva averiguar os efeitos de doses de N aplicadas através de chorume bovino na absorção e acúmulo de nutrientes minerais (N, P, K, Ca e Mg) do capim cv. Tanzânia (*Panicum maximum*), em três épocas do crescimento inicial desta gramínea forrageira.

Materiais e métodos

O experimento foi instalado em Seropédica, RJ., Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil, em vasos com capacidade de 22 kg de solo. O solo,

* Estudante de Zootecnia na UFRRJ e estagiária da Estação Experimental de Itaguaí-PESAGRO-RJ, Seropédica-RJ

** Pesquisador da PESAGRO-RJ, Seropédica-RJ.

*** Pesquisador da Embrapa Agrobiologia, Seropédica-RJ. E-mail: smsouto@cnpab.embrapa.br

[®] Professor Adjunto, Dpto. de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ.

Planossolo, indicou reação ácida ($\text{pH}_{\text{água}} = 5.7$) e ausência de Al trocável, além dos seguintes valores de bases trocáveis (em cmolc/dm^3): Ca = 2.3, Mg = 1.9 e K = 0.15. O teor de $\text{P}_{(\text{Mehlich-1})}$ disponível foi de 3 mg/dm^3 .

Previamente ao plantio da gramínea foi feita uma aplicação basal de P ($4.5 \text{ g/vaso de } \text{P}_2\text{O}_5$) e K ($0.9 \text{ g/vaso de } \text{K}_2\text{O}$) especificamente para atender as necessidades do capim cv. Tanzania nesse solo (Souto, 1988). As sementes do capim foram semeadas em bandejas de icopor contendo substratos adequados para sua germinação. O transplântio das mudas para os vasos foi feito em 09/09/01. Os tratamentos consistiram de quatro doses de N (0, 60, 120 e 180 kg/ha) sob a forma de chorume (95% de umidade e 21 dias de armazenamento), combinadas com três épocas de coleta, aos 28, 56 e 84 dias após o plantio (DAP) das mudas nos vasos em um delineamento de blocos inteiramente casualizados com cinco repetições. A composição de chorume aplicado nos vasos foi a seguinte (g/kg): C(504), P(3.8), K(8.3), Ca(19.8), Mg(4.6) e N(19.9).

As aplicações de chorume foram parceladas (Estavillo et al., 1996) em função de dose de N e DAP, da seguinte forma: a dose equivalente a 60 kg/ha de N foi aplicada nos dias 7, 14 e 21; a dose de 120 kg/ha de N nos dias 7, 28 e 49 e a de 180 kg/ha de N nos dias 7, 42 e 77. Em cada data de coleta, as plantas foram separadas em raízes e parte aérea e postas a secar, em estufa com circulação forçada de ar, 65°C até peso constante. Subseqüentemente, em cada parte vegetativa foram determinados os teores de N, P, K, Ca e Mg. A partir dessas determinações analíticas foram calculadas as quantidades totais de nutrientes acumulados por vaso, como o produto da concentração do nutriente pelo peso da massa seca das raízes ou parte aérea. Todas as determinações

no chorume e plantas foram feitas conforme métodos descritos por Miyazawa et al (1999).

A análise estatística (ANOVA e regressão múltipla) dos dados foi feita de acordo com a metodologia proposta pela Universidade Federal de Viçosa (UFV, 1997).

Resultados e discussão

A produção de matéria seca total de raízes (MSTR) do capim Tanzânia foi afetada ($P < 0.0001$) tanto pela época como pela dose de N, assim como pela sua interação. As doses de N do chorume não afetaram a produção de raízes até os 56 dias mas aos 84 dias, a maior dose de N induziu a maior produção de raízes (Tabela 1). Enquanto o teor de N nas raízes foi afetado ($P < 0.0001$) apenas pela época de amostragem, mostrando uma tendência declinante no tempo ($-0.0032\% \text{ N/dia}$) (Tabela 2) e o acúmulo total do N acompanhou o comportamento estatístico da MS alocada nas raízes. Foi observada uma regressão significativa para a MS da raiz ($P < 0.0117$) e para o N total na raiz ($P < 0.0250$) mostrando dependência desses parâmetros em relação aos tratamentos (Tabela 2). Esses resultados concordam com observações feitas em outras gramíneas cultivadas, onde o influxo radicular de N declina com a idade, enquanto o total de N acumulado acompanha o aumento da MS radicular (França et al., 1999).

Com relação ao P total acumulado foram observados efeitos ($P < 0.0001$) de dose de N, época (E), e da sua interação (Tabela 3). Aos 84 dias, e na maior dose de aplicação, o acúmulo de P nas raízes (48 mg/vaso) triplicou em relação ao tratamento sem aplicação de chorume, enquanto que as doses intermediárias mostraram apenas aumentos não significativos. Em relação à época, a quantidade de P

Tabela 1. Efeito de doses equivalentes de N do chorume e épocas de coletas na produção de MS, teor e N total nas raízes da cultivar Tanzânia (*Panicum maximum*). Médias de cinco repetições.

Dose de N (kg/ha)	Dias após o plantio (MS, g/vaso)			Dias após o plantio (teor de N, %)			Dias após o plantio (N total na raiz, mg/vaso)		
	28	56	84	28	56	84	28	56	84
0	—	22	32	0.55	0.46	0.36	—	104	117
60	—	22	36	0.50	0.50	0.40	—	112	143
120	—	23	45	0.58	0.48	0.39	—	114	172
180	—	21	75	0.61	0.47	0.43	—	101	318
Tukey (0.05):									
Epoca (E)		6			0.03			20	
N		12			—			38	
E x N		21			—			64	

Tabela 2. Equações de regressão ajustadas das variáveis dependentes em função dos tratamentos, doses de N (N) do chorume e épocas de coletas (E).

Variável dependente ^a	Constante	E	N	E x N	E x N ²	E ² x N	E ²	N ²	R ²	F (P <)
MSTR	0.151	0.13200	-0.474	0.00840	—	—	—	—	0.92	0.0117
NR	0.664	-0.00324	—	—	—	—	—	—	0.92	0.0001
NTR	141.000	-0.57500	-2.142	0.03800	—	—	—	—	0.88	0.0250
PTR	12.400	—	-0.289	0.00553	—	—	—	—	0.92	0.0017
KTR	150.000	—	—	—	0.00023	—	—	-0.0130	0.89	0.0045
MgTR	41.400	—	-0.781	0.01320	—	—	—	—	0.79	0.0206
MSTPA	1.450	—	-0.060	0.00176	—	—	—	—	0.93	0.0001
NPA	1.480	-0.0229	—	—	—	—	0.00014	—	0.94	0.0001
NTPA	39.600	0.4380	-0.336	0.01080	—	—	—	—	0.86	0.0080
PTPA	-8.300	0.5900	-0.145	0.00472	—	—	-0.0004	—	0.98	0.0001
KTPA	33.000	2.0600	—	—	—	0.00022	—	—	0.89	0.0001
MgTPA	8.790	4.2500	—	-0.01990	—	0.00053	—	—	0.98	0.0001

a. MSTR = matéria seca total raiz (g/vaso); NR = teor N raiz (%); NTR = N total raiz (mg/vaso); PTR = fósforo total raiz (mg/vaso); KTR = potássio total raiz (mg/vaso); MgTR = magnésio total raiz (mg/vaso); MSTPA = matéria seca total parte aérea (g/vaso); NPA = teor N parte aérea (%); NTPA = N total parte aérea (mg/vaso); PTPA = fósforo total parte aérea (mg/vaso); CaTPA = cálcio total parte aérea (mg/vaso); KTPA = potássio total parte aérea (mg/vaso); MgTPA = magnésio total parte aérea (mg/vaso).

total acumulada na biomassa radicular do capim, aos 84 dias dobrou em relação à existente aos 56 dias. A análise das épocas de coleta dentro de dose de N (Tabela 3) mostrou que na dose equivalente a 180 kg N/ha, a coleta aos 84 dias apresentou maior P total que aos 56 dias, não sendo observada igual tipo de resposta nos demais tratamentos. A Tabela 2, que resume esses efeitos, mostra que a dependência do P total acumulado nas raízes em relação aos tratamentos impostos, é expressa pela equação seguinte:

$$\text{PTR (mg/vaso)} = 12.4 - 0.289N + 0.00553E.N$$

$$R^2 = 0.92, P < 0.0017,$$

onde,

PTR = fósforo total em raiz (mg/vaso).

O K acumulado nas raízes também foi afetado significativamente pelos tratamentos e pela sua interação. A coleta aos 84 dias, apresentou, em média, 47% mais K (228 mg/vaso) do que aos 56 dias. Na última data de coleta a dose 180 kg/ha de N foi superior as demais, que não diferiram entre si. A maior parte do aumento do K total devido à maior dose de aplicação do chorume, processou-se entre os 56 e os 84 dias (167% de acréscimo). De forma igual ao observado com o P, não foram detectadas diferenças

Tabela 3. Efeito de doses equivalentes de N do chorume e épocas de coletas nos nutrientes P, K, Ca e Mg acumulados nas raízes da cultivar Tanzânia (*Panicum maximum*). Médias de cinco repetições

Dose de N (kg/ha)	Dias após o plantio (P, mg/vaso)			Dias após o plantio (K, mg/vaso)			Dias após o plantio (Ca, mg/vaso)			Dias após o plantio (Mg, mg/vaso)		
	28	56	84	28	56	84	28	56	84	28	56	84
0	—	10	16	—	133	153	—	43	77	—	29	61
60	—	15	21	—	184	186	—	101	49	—	46	49
120	—	17	28	—	157	189	—	68	116	—	39	67
180	—	14	48	—	144	385	—	52	180	—	30	114
Tukey (0.05):												
Epoca (E)	3.4			40.2			39.1			18.2		
N	6.5			76.3			—			—		
E x N	10.9			129.1			125.6			58.6		

no K acumulado entre as doses de N aos 56 dias. A dependência do K acumulado nas raízes do capim cv. Tanzânia, em relação aos tratamentos (Tabela 2), mostrou a forma seguinte:

$$\text{KTR (mg/vaso)} = 150 + 0.00023\text{E} \cdot \text{N}^2 - 0.013\text{N}^2$$

$$R^2 = 0.89, P < 0.0045,$$

onde,

KTR = K total acumulado em raiz (mg/vaso).

As quantidades de Ca e Mg acumuladas nas raízes mostraram um mesmo padrão de resposta, isto é, foram afetadas pelas épocas (E) e pela interação época x dose de N. A acumulação total de esses nutrientes nas raízes aos 84 dias foram, respectivamente, 59% e 102% maiores que aos 56 dias. A análise dos efeitos das épocas de coletas dentro de cada dose de N, para o teor de Ca, mostrou diferença só para a maior dose aplicada (52 vs. 180 mg Ca/vaso (Tabela 3). Ao igual que com os outros nutrientes, não foram observadas diferenças no Ca acumulado nas raízes entre as doses de N aos 56 dias. Da mesma forma, o Mg acumulado nas raízes foi maior aos 84 dias (114 mg Mg/vaso) na dose equivalente a 180 kg/ha de N, enquanto que nas demais doses não foram observadas diferenças entre as épocas de coleta. Todavia, houve uma diferença no tipo de resposta entre os nutrientes enquanto que para o Ca acumulado nas raízes não foi possível estabelecer uma dependência quantitativa em relação aos tratamentos, no caso do Mg a mesma foi da ordem seguinte (Tabela 2):

$$\text{MgTR (mg/vaso)} = 41.4 - 0.781\text{N} + 0.0132\text{E} \cdot \text{N}$$

$$R^2 = 0.79, P < 0.0206,$$

onde,

MgTR = Mg total acumulado em raiz (mg/vaso).

Na Tabela 4 são apresentados os efeitos das épocas, doses de N e da sua interação no acúmulo de MS, e no teor e conteúdo total de N na parte aérea das plantas. A produção de MS da parte aérea foi afetada ($P < 0.01$) pela época (E), dose de N e interação época x dose (EN). A maior produção foi obtida com a maior dose de N, aos 84 DAP. Houve uma regressão significativa ($P > 0.0001$, $R^2 = 0.93$) entre a MS acumulada na parte aérea e as épocas de coletas e doses de N, da ordem seguinte (Tabela 2):

$$\text{MSTPA} = 1.447 + 0.1680\text{E} - 0.0604\text{N} + 0.00176\text{EN}$$

onde,

MSTPA = MS acumulada na parte aérea.

Os teores de N na parte aérea responderam a efeitos de época (E) ($P < 0.0001$) de dose ($P < 0.0493$) e de sua interação ($P < 0.0001$). A maior dose de N observada na primeira época (28 dias) proporcionou o maior teor de N (1%) na biomassa da parte aérea. Um experimento conduzido durante 15 anos mostrou que a aplicação de 400 kg/ha de N através do chorume aumentou os teores de N nas gramíneas *Dactylis glomerata* e *Festuca arundinacea*, porém os valores nunca excederam 0.6% na MS (Merzlaya et al., 1990). Também para este nutriente foi observada uma regressão significativa ($P < 0.0001$) entre o teor de N na parte aérea da planta e a época de coleta (Tabela 2).

As doses de N do chorume afetaram o acúmulo de N na parte aérea do capim cv. Tanzânia somente na terceira época de amostragem. Na maior dose

Tabela 4. Efeito de doses de N no chorume e épocas de coletas na MS, teor de N e no acúmulo de N da parte aérea, do capim cv. Tanzânia (*Panicum maximum*). Médias de cinco repetições.

Dose de N (kg/ha)	Dias após o plantio (MS, g/planta)			Dias após o plantio (N na parte aérea, mg/vaso)			Dias após o plantio (Teor N na planta, %)		
	28	56	84	28	56	84	28	56	84
0	3.9	14.4	14.4	0.87	0.62	0.52	34	68	74
60	5.5	14.4	21.8	0.98	0.60	0.50	53	86	108
120	5.9	13.0	22.2	0.93	0.70	0.53	55	88	115
180	4.9	15.9	35.0	1.00	0.60	0.60	49	95	208
Tukey (0.05):									
Epoca (E)		2.2			0.05			11	
N		2.8			0.06			15	
E x N		6.3			0.12			34	

aplicada verificou-se que a quantidade de N acumulada significou um acréscimo de aproximadamente 180% em relação a testemunha (Tabela 3). O N total da parte aérea relacionou-se significativamente às variáveis experimentais através da expressão seguinte (Tabela 2):

$$\text{NTPA (mg/vaso)} = 39.64 + 0.438E - 0.336N + 0.0108EN$$

$$R^2 = 0.86, P < 0.008,$$

onde,

NTPA = N acumulado na parte aérea.

Os efeitos das doses de N do chorume e épocas de coleta na acumulação de P, K, Ca e Mg na parte aérea do cv. Tanzânia são mostrados na Tabela 5. Os acúmulos totais de P, K e Mg foram afetados tanto pelas épocas quanto pelas doses de N, assim como pela sua interação; ao passo que a acumulação de Ca resultou independente das variáveis experimentais. Como no caso do N e K, houve um aumento progressivo da acumulação desses nutrientes em função da idade de crescimento da pastagem (época de coleta). A análise do P acumulado nas três épocas de coleta dentro de dose de N, mostrou que as maiores diferenças entre épocas foram devidas às maiores doses de N. Todavia, as diferenças do P acumulado entre doses de N, só se manifestaram na coleta aos 84 dias (Tabela 5). Considerando-se as diferenças nos acúmulos de P entre os 84 e os 28 dias, verifica-se que a taxa de acumulação relativa de P correspondente à dose de 180 kg/ha de N resultou 36 % superior em relação ao tratamento onde não foi aplicado chorume (47.1 vs. 34.7 mg/g de P por dia, respectivamente), o que evidencia, de outra forma, o efeito estimulante do N contido no chorume sobre o acúmulo de P na forragem produzida. Esta última observação confirma os dados de Merzlaya et al.

(1990) os quais encontraram que a aplicação de chorume (300-500 kg/ha de N) aumentou o teor de P na forragem. No presente caso, a equação descritiva dos efeitos dos tratamentos sobre o P acumulado na parte aérea resultou da forma seguinte (Tabela 2):

$$\text{PTPA (mg/vaso)} = -8.3 + 0.59E - 0.145N + .00472E.N - 0.0004N^2$$

$$R^2 = 0.98, P < 0.0001,$$

onde,

PTPA = fósforo total acumulado na parte aérea.

O K e Mg acumulados na parte aérea da planta tiveram comportamentos similares ao do P em relação aos efeitos dos tratamentos e da sua interação (Tabela 5). Lyszczarz et al. (1990) encontraram que a adubação mineral aumentou o conteúdo de N da forragem enquanto o chorume aumentou o de K, Mg e Ca. Observação similar, com relação ao K, foi feita por Anderson et al. (1993). No estudo de Merzlaya et al. (1990) a aplicação de chorume resultou num decréscimo no teor de Ca da forragem. No presente caso, não foi possível verificar qual a tendência desse nutriente na biomassa, uma vez que o seu padrão de variação temporal mostrou-se errático e independente do nível de N aplicado, não guardando relação com a tendência de variação da MS dentro do período estudado (Tabelas 4 e 5). Já o K e Mg acumulados na parte aérea mostraram dependências significativas em relação aos tratamentos, da ordem seguinte:

$$\text{K (mg/vaso)} = 33 + 2.060E + 0.00022E^2N$$

$$R^2 = 0.89, P < 0.0001$$

$$\text{Mg (mg/vaso)} = 8.79 + 4.25E - 0.0199E.N + 0.00053E^2N$$

$$R^2 = 0.98, P < 0.0001$$

Tabela 5. Efeito de doses equivalentes de N do chorume e épocas de coletas nos nutrientes P, K, Ca e Mg acumulados na parte aérea do cultivar Tanzânia (*Panicum maximum*). Médias de cinco repetições

Dose de N (kg/ha)	Dias após o plantio (P, mg/vaso)			Dias após o plantio (K, mg/vaso)			Dias após o plantio (Ca, mg/vaso)			Dias após o plantio (Mg, mg/vaso)		
	28	56	84	28	56	84	28	56	84	28	56	84
0	5	23	35	77	215	195	247	986	567	81	316	350
60	7	39	53	112	221	296	360	1044	951	126	320	455
120	8	35	71	123	208	303	336	971	1141	116	306	590
180	6	39	84	79	265	554	259	3655	1548	85	349	765
Tukey (0.05):												
Epoca (E)		5.8			49.3			—			58.1	
N		7.6			62.7			—			79.3	
E x N		16.6			142.0			—			167.2	

Cabe observar que na medida em que não houve, neste experimento, uma comparação direta com doses equivalentes de N na forma de adubo químico, não foi possível avaliar de forma absoluta a eficiência do N do chorume na produção de MS da parte aérea. Uma comparação desse tipo foi realizada por Tomasik e Vahala (1991) em *Dactylis glomerata*. Esses autores encontraram que as eficácias do chorume aplicado, baseadas na produção de MS dessa gramínea, foram de 62.5% e 91.9% daquelas do N mineral, para as doses de 150 e 300 kg/ha, mostrando que maior a dose de N do chorume, maior o seu aproveitamento em termos de conversão de massa seca para a planta. Os presentes dados apontam para uma tendência similar, permitindo supor que aumentos na dosagem do chorume aplicado possam promover um aumento direto na produção de MS do capim cv. Tanzânia, através do aumento na oferta de macronutrientes, particularmente N.

Conclusões

Os resultados apresentados permitem afirmar que o chorume pode ser, dependendo da dose aplicada, uma fonte alternativa de N e outros nutrientes, beneficiando o estabelecimento e crescimento inicial de pastagens do capim cv. Tanzânia (*P. maximum*). Aos 84 dias, a natureza linear da resposta às doses de N aplicadas, permite supor que doses superiores a 180 kg/ha de N possam promover ainda em maior grau a produção de MS seca nesta forrageira.

Summary

A trial was conducted under greenhouse conditions at the Universidad Federal Rural de Rio de Janeiro, located in Seropédica, Brazil, to determine the response of seedlings of *Panicum maximum* cv. Tanzania to the application of organic residues in terms of DM production and mineral content of canopy and roots. The organic residues, gathered from milking sheds, had the following composition (g/kg): C (504), P (3.8), K (8.3), Ca (19.8), Mg (4.6), and N (19.9). Pots had the capacity to hold 22 kg of Planossol soil (pH = 5.7, P = 3 mg/dm³, and Ca = 2.3, Mg = 1.9, K = 0.15 cmolc/dm³). Equivalent doses of N were applied in three different fractions (0, 60, 120, and 180 kg/ha), in the form of organic waste, in addition to 4.5 g P₂O₅ and 0.9 g K₂O/pot. The grass was cut at 28, 56, and 84 days after the planting of seedlings. A completely randomized block design was used with five replicates. Not only was DM production higher in canopy and roots, but also mineral accumulation (N, K, Mg, P) when harvesting took place 84 days after application of waste. The N dose and the frequency of cut proved to have a significant effect. The linear response to the application up to 180 kg N/ha

indicates that the organic waste was a useful source of N and other minerals, favoring pasture establishment and development of *P. maximum* cv. Tanzania.

Resumen

En la Universidad Federal Rural de Río de Janeiro, Seropédica RJ, Brasil, bajo condiciones de casa de vegetación se realizó un ensayo para determinar la respuesta en producción de MS y contenido de minerales en la parte aérea y las raíces de plántulas de *Panicum maximum* cv. Tanzânia a la aplicación de residuos orgánicos (95% de humedad y 21 días de almacenamiento), provenientes de salas de ordeño, con la composición siguiente (g/kg): C(504), P(3.8), K(8.3), Ca(19.8), Mg(4.6) e N(19.9). Se utilizaron recipientes con capacidad para 22 kg de suelo en los cuales en un Planossol (pH = 5.7, P = 3 mg/dm³, y Ca = 2.3, Mg = 1.9, K = 0.15 cmolc/dm³) se aplicaron en tres fracciones diferentes dosis equivalentes de N (0, 60, 120 e 180 kg/ha) como residuos orgánicos más 4.5 y 0.9 g/recipiente de P₂O₅ y K₂O, respectivamente. Las frecuencias de corte de la gramínea fueron 28, 56 y 84 días después de la siembra de las plántulas. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cinco repeticiones. La mayor producción de MS en la parte aérea y las raíces así como la mayor acumulación de minerales (N, K, Mg, P) se encontró cuando la cosecha se hizo 84 días después de la aplicación de los residuos, encontrándose un efecto significativo de la dosis de N y la frecuencia de corte. La respuesta lineal a la aplicación hasta 180 kg/ha de N indican que estos residuos son una fuente de N y minerales de gran utilidad para favorecer el establecimiento y el desarrollo de *P. Maximum* cv. Tanzania.

Referências

- Anderson, M. A.; McKenna, J. R.; Martens, D. C.; e Donohue, S. J. 1993. Nitrogen recovery by timothy from surface application of dairy cattle slurry. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 24(11-12):1139-1151.
- Estavillo, J. M.; Gonzalez-Murua, C.; Besga, G.; e Rodriguez, M. 1996. Effect of cow slurry N on herbage productivity, efficiency of N utilization and on white clover content in a natural sward in the Basque Country, Spain. *Grass Forage Sci.* 51(1):1-7.
- França, M. G.; Rossiello, R. O.; Zonta, E.; Araújo, A. P.; e Ramos, F. T. 1999. Desenvolvimento radicular e influxo de nitrogênio em duas cultivares de arroz. *Pesq. Agropec. Bras.* 34:1845-1853.
- Gnanamani, A. E e Bai, R. K. 1992. Influence of biodigested slurry on rice-gram cultivation. *Bioresource Technol.* 41(3): 217-221.

- Harasimowicz-Hermann, G. 1991. Changes in chemical composition of soil as an effect of several years' fertilization of alfafa (*Medicago sativa*) with slurry and liquid manure. *Chem. Agric. Environ.* p. 209-220.
- Holm-Nielsen, J. B.; Gaborcik, N.; Krajcovic, V.; et al. 1990. Spring sowing Italian ryegrass for summer stable feeding. En: *Proceedings of the Soil Grassland Animal Relationships*, 13, Banska Bystrica. GRI 2:212-215.
- Jensen, I. 1991. The after effect of P from cattle slurry and superphosphate on yield and nutrient uptake in sugar beets. *Acta Agriculturae Scandinavica* 41(3): 259-265.
- Leiros, M. C.; Gil-Sotres, F.; Trasar-Cepeda, M. C.; Saa, A.; e Seone, S. 1996. Soil recovery at the Meirama opencast lignite mine in northwest Spain: A comparison of the effectiveness of cattle slurry and inorganic fertilizer. *Water, Air and Pollution*. 91(1-2):109-124.
- Lyszczarz, R.; Gaborcik, N.; Krajcovic, V.; e Zimkova, M. 1990. The influence of mineral and organic fertilization on temporary grassland vegetable biomass. En: *Proceedings of the General Meeting of the European Federation*. 13. Banska Bystrica. p. 383-385.
- Merzlaya, G.; Gaborcik, M.; Krajcovic, V.; e Zimkova, M. 1990. Pasture productivity under application of organic fertilizers. En: *Proceedings of the General Meeting of the European Federation*. 13. Banska Bystrica. p. 539-541.
- Miyazawa, M.; Pavan, M. A.; Muraoka, T.; Carmo, C. A. do; e Mello, W. J. 1999. Análises químicas do tecido vegetal. En: Silva, F. C (ed). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Comunicação para Transferência de Tecnologia. p. 171-223.
- Simas, J. M. e Nussio, C. M. 2001. Reciclagem de nutrientes do esterco tendo em vista o controle da poluição do meio ambiente. En: Mattos, W. R. et al. (eds.). *A produção animal na visão dos brasileiros*. Piracicaba. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiros (FEALQ). p. 383-394.
- Souto, S. M. 1988. Pastagens. En: Almeida, D. L.; Santos, G. A.; De-Polli, H.; et al. (eds.). *Manual de adubação para o Estado do Rio de Janeiro*. Itaguaí: Editora Universidade Rural. p. 163-164.
- Tomasik, J. e Vahala, Z. 1991. Cattle slurry applications to temporary grassland under different ecological condition. *Vedecke Prace Vyskumneho Ustavu Luk a Pasienkov-v-Bankej Bystrica*. 21:123-132.
- Trehan, S. P. 1995. Comparison of inorganic fertilizers and cattle slurry for meeting nitrogen needs of maize and potatoes. *J. Indian Potate Assoc.* 22(1-2):1-7.
- UFV (Universidade Federal de Viçosa). 1997. SAEG-Sistemas de análises estatísticas e genética. Manual do usuário, versão 7.1. Viçosa, MG. 150 p.
- Wighman, P. S.; Weddell, J. R.; Boller, B.; e Stadelmann, F. J. 1998. Species and varietal differences in response to slurry application. En: *Proceedings of the Fodder Crop Amenity Grasses*. Kartaus Ittingen, SFRSA. p. 57-59.

Fósforo disponível em solos distintos para a rebrota das gramíneas cvs. Mombaça, Marandu e Planaltina¹

E. E. Mesquita*, J. C. Pinto **, M. C. J. Belarrmino***, A. E. Furtini Neto^φ e I. P. A. Santos***

Introdução

Os solos mais comuns da microbacia hidrográfica do Alto Rio Grande, Minas Gerais, Brasil, são Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa (LVd), Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura média (LVAd) e Neossolo Quartzarênico de textura arenosa (RQ) (Embrapa, 1999). Os solos RQ, anteriormente classificados como Areia Quartzosa, são profundos, fortemente ácidos, de fertilidade muito baixa, com baixos teores de fósforo (P) disponível, e são aproveitados para pecuária extensiva (Naime, 1994). Os Latossolos, textura média e argilosa, assumem uma particularidade que é a necessidade de aplicação de várias vezes a quantidade do P exigida pela planta, pois parte deste nutriente aplicado torna-se momentaneamente não-disponível às plantas, pois pode ser adsorvido e, ou, precipitado em formas menos solúveis.

A deficiência P nesses solos é por demais conhecida, assim a aplicação de fontes prontamente solúvel, é de suma importância para o desenvolvimento radicular e o perfilhamento (Hoofmann et al., 1995), os quais garantem bom estabelecimento e maior capacidade de rebrota da forrageira, propiciando altas produções de matéria seca (MS) e de melhor valor nutritivo. Em sistemas intensivos de produção de forragem, com espécies mais exigentes, são necessários a identificação de doses adequadas de P

e a recomendação da espécie apropriada para cada tipo de solo.

Na prática, é comum estabelecimentos de espécies forrageiras em solos com baixa disponibilidade de P, sem a devida aplicação desse nutriente culminando com baixa capacidade de rebrota, baixa produção de matéria seca (MS) e baixo perfilhamento. Vários autores (Santos Jr., 2000; Pereira et al., 1997; Hoofmann et al., 1995; Corrêa e Haag, 1993; Guss et al., 1990; Fonseca et al., 1988; Meirelles et al., 1988) registraram aumentos nas densidades de perfilhos e produções de MS de *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf, *Panicum maximum* Jacq., *Brachiaria brizantha* Stapf. e *Andropogon gayanus* Kunth, diante das doses de P. A resposta à aplicação de P, normalmente, distribui-se em função quadrática, atingindo-se um ponto de máximo. Assim, é possível determinar o teor crítico de P no solo, que é definido como o teor mínimo, recuperado por um extrator químico, suficiente para a obtenção do crescimento máximo ou 90% desse crescimento. Entretanto, teores críticos de P no solo variam entre espécies e entre solos (Hoofmann et al., 1995; Guss et al., 1990) e até mesmo de cultivar para cultivar. Guss et al. (1990) observaram menores teores críticos (TC) de P para a rebrota do que para o primeiro crescimento de várias espécies de *Brachiaria*. Na rebrota, segundo esses autores, o maior volume de raízes já desenvolvidas confere às plantas maior eficiência na absorção do P. Diante dessas variações, fica evidente a necessidade de se determinar o teor crítico de P para o estabelecimento e também para a rebrota das forrageiras.

O objetivo deste trabalho foi determinar os teores críticos e as doses críticas de P para obtenção de 90% da máxima produção e do máximo perfilhamento na rebrota de *P. maximum* cv. Mombaça, *B. brizantha* cv. Marandu e *A. gayanus* cv. Planaltina em amostras

¹ Apoio MCT/CNPq

* Bolsista do CNPq, Recém-Doutor, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Brasil (MG).

** Professor do Departamento de Zootecnia da UFLA, Brasil (MG). Bolsista do CNPq.

*** Estudantes de Doutorado do Departamento de Zootecnia da UFLA, Lavras, Brasil (MG)

^φ Professor do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, Brasil (MG). Bolsista do CNPq.

de Latossolos e Neossolos, a fim de recomendar a espécie mais apropriada para cada solo.

Materiais e métodos

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, na Universidade Federal de Lavras, Lavras (MG). As amostras de solo, com características físico-químicas distintas (Tabela 1), foram retiradas na camada de 0-20 cm de profundidade em áreas de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd), textura média; Latossolo Vermelho distrófico (LVd), textura argilosa; Neossolo Quartzarênico, textura arenosa; localizadas, respectivamente, nos municípios de Itumirim (MG), Lavras (MG) e Itutinga (MG), circunscritos geograficamente, pela microbacia hidrográfica do Alto Rio Grande, Brasil.

As amostras de solo foram peneiradas e corrigidas para elevar a saturação por bases em 60%, incubando-as por 20 dias com calcário dolomítico (CaCO_3 e MgCO_3 na relação estequiométrica 4:1), em

Tabela 1. Características químicas e físicas de amostras de solos recoletadas nos respectivos municípios de Itumirim (MG), Lavras (MG) e Itutinga (MG), Brasil.

Características	Classes de solo ^a		
	LVAd	LVd	RQ
PH em água (1:2.5)	5.3	5.5	5.2
P (Mehlich-1) (mg/dm ³)	0.6	0.9	7.5
P remanescente (mg/dm ³)	5.8	7.0	28.7
K (Mehlich-1) (mg/dm ³)	16.0	19.0	19.0
Ca^{2+} (KCl 1 mol/lit) (cmol _c /dm ³)	0.4	2.0	0.4
Mg^{2+} (KCl 1 mol/lit) (cmol _c /dm ³)	0.2	0.5	0.2
Al^{3+} (KCl 1 mol/lit) (cmol _c /dm ³)	0.0	0.1	0.7
H + Al (acetato de cálcio-0.5 mol/lit) (cmol _c /dm ³)	1.9	3.6	3.6
SB (Soma de bases) (cmol _c /dm ³)	0.6	2.5	0.7
t (CTC efetiva) (cmol _c /dm ³)	0.7	2.7	1.4
T (CTC a pH 7) (cmol _c /dm ³)	2.5	6.2	4.7
V (Saturação por bases) (%)	25.5	41.5	14.2
Matéria orgânica (dag/kg)	0.9	2.0	3.0
m (Saturação por alumínio) (%)	0.0	4.5	51.0
Textura (Bouyoucos) (%):			
areia	66	20.0	93.0
silte	10	28.0	0
argila	24	52.0	7.0

a. LVAd = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura média;
LVd = Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa;
RQ = Neossolo Quartzarênico, textura arenosa.

quantidades calculadas de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999).

Cada solo foi subdividido em volumes de 4 dm³, os quais receberam adubações com reagentes p.a., por ocasião da semeadura, nas quantidades seguintes: 150, 50, 100, 0.8, 4, 5, 0.15, 3.6 e 1.5 mg/dm³, respectivamente de K, S, N, B, Fe, Zn, Mo, Mn e Cu, sob as formas de KCl, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4NO_3 , H_3BO_3 , FeSO_4 , ZnSO_4 , Na_2MoO_4 , MnSO_4 e CuSO_4 , respectivamente. Decorridos 15 dias, procedeu-se a dosagem do P disponível, extraído com os extratores Mehlich 1 (HCl 0.05 mol/lit + H_2SO_4 0.0125 mol/lit) e resina trocadora de ânions. A adubação de cobertura foi realizada 30 dias após a semeadura com 50 mg/dm³ de N e 60 mg/dm³ de K, para correção de sintomas iniciais de deficiência.

Os tratamentos consistiram de cinco doses de P (0, 110, 220, 330 e 560 mg/dm³ nas amostras de Latossolos e 0, 80, 160, 240 e 410 mg/dm³ nas amostras de Neossolo), sob a forma de H_3PO_4 p.a. (45.98 g/L de P), e de três espécies forrageiras (*P. maximum* cv. Mombaça, *B. brizantha* cv. Marandu e *A. gayanus* cv. Planaltina), arranjos aleatoriamente em esquema fatorial, sendo o delineamento experimental blocos ao acaso com três repetições. Após 15 dias da aplicação dos nutrientes, retiraram-se amostras de solo de cada parcela, para dosagem do P disponível e demais nutrientes, em seguida, procedeu-se a semeadura das espécies forrageiras. As plantas foram desbastadas, deixando-se 4 plantas/vaso. Na idade de 48 dias procedeu-se o primeiro corte da parte aérea das forrageiras a 4 cm do nível do solo e após 45 dias avaliou-se o corte da rebrota.

A partir as equações de regressão quadráticas entre a produção de MS da parte aérea e as doses de P aplicadas, estimou-se a dose crítica de P para obtenção de 90% da máxima produção de cada espécie. Substituindo a dose crítica de P na equação de regressão linear entre as doses de P aplicado e o P recuperado pelo extrator Mehlich-1, estimou-se o teor crítico de P no solo. Similarmente, identificou-se o teor crítico de P para obtenção de 90% do máximo perfilhamento.

Os efeitos de doses de P, foram analisados ajustando-se equações de regressão e as espécies tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

A aplicação de doses crescentes de P incrementaram, de forma linear, os teores de P disponível no solo (Tabela 2). Os maiores teores de P

Tabela 2. Teores disponíveis de P (Y, mg/dm³) em função de doses de P (X, mg/dm³) em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd), Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e Neossolo Quartzarênico (RQ).

Solos	*P _{Mehlich-1}	P _{resina}
LVAd	$Y = 3.874088 + 0.3258439X. R^2=0.99$	$V = -8.5437 + 0.662228X. R^2=0.96$
LVd	$Y = -2.759828 + 0.105737X. R^2=0.98$	$V = -3.8039 + 0.585016X. R^2=0.96$
RQ	$Y = 16.603754 + 0.387844X. R^2=0.98$	$V = 21.2854 + 0.377834X. R^2=0.93$

* Extraído com HCl 0.05 mol/lit + H₂SO₄ 0.0125 mol/lit, na relação 10 cm³ de terra fina seca ao ar: 100 ml extrator, 5 min de agitação e decantação por 16 h.

disponível foram obtidos no Neossolo Quartzarênico, no qual o teor de argila é menor (Tabela 1). Ao contrário, os Latossolos apresentaram teores de argila de médio a alto, fato que associado a outros fatores, tal como a presença elevada de óxidos de ferro e de alumínio, favorece a adsorção e, ou, precipitação do P aplicado.

A aplicação de P elevou a produção de MS da parte aérea e o número de perfilhos das forrageiras cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo, de acordo com equações quadráticas, por meio das quais estimaram-se os teores críticos (TCP_{Mehlich}) e as doses críticas de P para obtenção de 90% da produção máxima de MS e do máximo perfilhamento (Tabela 3). Os TCP_{Mehlich} variaram de 76 a 81 mg/dm³ para a produção de MS e de 84 a 90 mg/dm³ para o perfilhamento das forrageiras. Esses teores são maiores que os encontrados em solos semelhantes ao do presente estudo para o rebrota de *B. brizantha* (Corrêa e Haag, 1993; Guss et al., 1990), *P. maximum* (Hoffmann et al., 1995; Corrêa e Haag, 1993) e *A. gayanus* (Fonseca et al., 1988). Diferenças entre valores são decorrentes da adubação com outros nutrientes, idade da planta, época de cultivo e época

de amostragem (Hoffmann et al., 1995). O capim-Planaltina foi a espécie que mais perfilhou nesse solo, estimado em 47 perfilhos/vaso, e o capim-Mombaça e o capim-Marandu emitiram, respectivamente, 27 e 25 perfilhos/vaso.

Os TCP_{Mehlich} no Latossolo Vermelho (Tabela 4) foram menores que os teores encontrados nos demais solos estudados, porém as doses críticas aplicadas para obtenção desses teores são mais elevadas, evidenciando a grande capacidade de adsorção do P nesse solo, pois o teor de argila correlaciona diretamente com o teor de óxidos e hidróxidos de ferro e de alumínio, responsáveis pela fixação do P (Rao et al., 1996). No Latossolo Vermelho o capim-Andropogon exibiu grande capacidade de perfilhamento, emitindo 81 perfilhos/vaso, e Mombaça e Marandu perfilharam menos, emitindo, respectivamente, 44 e 65 perfilhos/vaso, após o crescimento da rebrota.

O menor TCP_{Mehlich} no Neossolo Quartzarênico, 74 mg/dm³ de P (Tabela 5), para obtenção de 90% da máxima produção de MS, foi obtido na rebrota do capim-Marandu. Observou-se, ainda, que as doses

Tabela 3. Produção de matéria seca (Y1) e número de perfilhos (Y2) como variáveis dependentes de doses de fósforo (P), e teores críticos de P no solo (TCP_{Mehlich}) para rebrota das gramíneas em Latossolo Vermelho-Amarelo.

Gramíneas	Variáveis	Equações
<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça	MS (g/vaso)	$Y1 = 5.73448 + 0.16855X - 0.000228X^2; R^2 = 0.81$
	TCP _{Mehlich} (mg/dm ³)	81 (239) ^a
	Perfilhos (no./vaso)	$Y2 = 4.72839 + 0.12433X - 0.000153X^2; R^2 = 0.98$
	TCP _{Mehlich} (mg/dm ³)	90 (266)
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	MS (g/vaso)	$Y1 = 5.49288 + 0.10447X - 0.000157X^2; R^2 = 0.60$
	TCP _{Mehlich} (mg/dm ³)	76 (223)
	Perfilhos (no./vaso)	$Y2 = 4.36221 + 0.11442X - 0.000139X^2; R^2 = 0.99$
	TCP _{Mehlich} (mg/dm ³)	84 (246)
<i>Andropogon gayanus</i> cv. Planaltina	MS (g/vaso)	$Y1 = 6.60081 + 0.11602X - 0.000159X^2; R^2 = 0.60$
	TCP _{Mehlich} (mg/dm ³)	79 (233)
	Perfilhos (no./vaso)	$Y2 = 13.83886 + 0.19504X - 0.000245X^2; R^2 = 0.71$
	TCP _{Mehlich} (mg/dm ³)	84 (246)

^a Valores entre parênteses indicam a dose crítica de P (mg/dm³) para obtenção do TCP no solo.

Tabela 4. Produção de matéria seca (Y1) e número de perfilhos (Y2), como variáveis dependentes de doses de fósforo (P), e teores críticos de P no solo ($TCP_{Mehlich}$) para a rebrota das gramíneas, em Latossolo Vermelho.

Gramíneas	Variáveis	Equações
<i>Panicum</i> cv. <i>maximum</i> Mombaça	MS (g/vaso)	$Y1 = 6.26967 + 0.18580X - 0.000258X^2$; $R^2 = 0.80$
	$TCP_{Mehlich}$ (mg/dm ³)	21 (225) ^a
	Perfilhos (nº/vaso)	$Y2 = 9.65120 + 0.20850X - 0.000279X^2$; $R^2 = 0.82$
	$TCP_{Mehlich}$ (mg/dm ³)	23 (247)
<i>Brachiaria</i> <i>brizantha</i> cv. Marandu	MS (g/vaso)	$Y1 = 5.38518 + 0.16498X - 0.000220X^2$; $R^2 = 0.83$
	$TCP_{Mehlich}$ (mg/dm ³)	23 (252)
	Perfilhos (nº/vaso)	$Y2 = 4.53111 + 0.36103X - 0.000479X^2$; $R^2 = 0.99$
	$TCP_{Mehlich}$ (mg/dm ³)	24 (251)
<i>Andropogon</i> <i>gayanus</i> cv. Planaltina	MS (g/vaso)	$Y1 = 4.22416 + 0.15212X - 0.000210X^2$; $R^2 = 0.87$
	$TCP_{Mehlich}$ (mg/dm ³)	21 (228)
	Perfilhos (nº/vaso)	$Y2 = 8.43258 + 0.45913X - 0.000647X^2$; $R^2 = 0.97$
	$TCP_{Mehlich}$ (mg/dm ³)	22 (238)

a. Valores entre parênteses indicam a dose crítica de P (mg/dm³) para obtenção do TCP no respectivo solo.

críticas de P para obtenção dos teores críticos são bem menores (Tabela 5), em comparação aos demais solos, confirmando a baixa fixação do P nesse solo. Na dose crítica, a eficiência no uso do P para a rebrota, expressa em MS/P aplicado (g/g), foram, respectivamente, de 219, 202 e 156 para cvs. Mombaça, Marandu e Planaltina (andropogon).

No solo argiloso, na presença de P, constataram-se maiores produções de MS do capim-Mombaça, em comparação com as demais forrageiras e o número de perfilhos emitidos por este capim igualou-se ao número de perfilhos do capim-Marandu (Tabela 6). Assim, a maior produção de MS do capim-Mombaça ocorreu em decorrência do desenvolvimento de perfilhos mais pesados. Por outro lado, o capim-Andropogon apresentou maiores perfilhos (Tabela 7) e

número de perfilhos/vaso (Tabela 6), os quais não se converteram em maior produção de MS. O número de perfilhos é considerado importante componente da produção das forrageiras, todavia quando este é muito elevado, em razão da maior competição por luz, água e nutrientes, pode ocorrer emissão de perfilhos menos vigorosos e, certamente, mais leves (Humphreys, 1986).

No solo arenoso, nas doses mais altas de P, de 240 e 410 mg/dm³, a produção de MS do capim-Mombaça foi maior que as produções das rebrotações do capim-Marandu e do capim-Andropogon (Tabela 6), evidenciando a maior exigência em P do primeiro, o qual apresentou maior capacidade de respostas nas doses mais altas de P. O capim-Mombaça superou a produção de MS do capim-Marandu em 30 e 35%, nas

Tabela 5. Produção de matéria seca (MS; v1) e número de perfilhos (v2), como variáveis dependentes de doses de fósforo (P), e teores críticos de P no solo ($TCP_{Mehlich}$) para a rebrota das gramíneas, em Neossolo Quartzarênico.

Gramíneas	Variáveis	Equações
<i>Panicum</i> <i>maximum</i> cv. Mombaça	MS (g/vaso)	$Y1 = 8.37547 + 0.24606X - 0.000474X^2$; $R^2 = 0.70$
	$TCP_{Mehlich}$ (mg/dm ³)	80 (164) ^a
	Perfilhos (nº/vaso)	$Y2 = 6.17174 + 0.41752X - 0.000778X^2$; $R^2 = 0.72$
	$TCP_{Mehlich}$ (mg/dm ³)	86 (179)
<i>Brachiaria</i> <i>brizantha</i> cv. Marandu	MS (g/vaso)	$Y1 = 8.34106 + 0.20973X - 0.000428X^2$; $R^2 = 0.70$
	$TCP_{Mehlich}$ (mg/dm ³)	74 (148)
	Perfilhos (nº/vaso)	$Y2 = 11.53499 + 0.32815X - 0.000669X^2$; $R^2 = 0.72$
	$TCP_{Mehlich}$ (mg/dm ³)	75 (152)
<i>Andropogon</i> <i>gayanus</i> cv. Planaltina	MS (g/vaso)	$Y1 = 4.46362 + 0.19111X - 0.000352X^2$; $R^2 = 0.84$
	$TCP_{Mehlich}$ (mg/dm ³)	84 (173)
	Perfilhos (nº/vaso)	$Y2 = 13.17971 + 0.79359X - 0.001653X^2$; $R^2 = 0.85$
	$TCP_{Mehlich}$ (mg/dm ³)	79 (160)

^a Valores entre parênteses indicam a dose crítica de P (mg/dm³) para obtenção do TCP no solo.

Tabela 6. Produção de matéria seca da parte aérea (MS, g/vaso) e número de perfilhos (NP)/vaso, nos diferentes solos e nas diferentes doses de fósforo (P), aos 45 dias de rebrota.

Solos ^a	Gramíneas	Doses de P (mg/dm ³)									
		0		110		220		330		560	
		MS	NP	MS	NP	MS	NP	MS	NP	MS	NP
LVAd	<i>P.maximum</i> cv. Mombaça	4.0	4.0	30.3 b'	18.6 b	31.9 a	22.6 b	30.6 a	26.6 b	30.3 a	25.0 b
	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	3.0	4.0	24.3 b	16.0 b	18.6 c	22.6 b	19.0 c	29.6 b	16.0 c	26.3 b
	<i>A. gayanus</i> cv. Planaltina	3.2	4.0	28.5 b	47.6 a	22.7 b	43.0 a	21.9 b	43.3 a	23.3 b	48.6 a
LVd	<i>P.maximum</i> cv. Mombaça	3.0	4.0	33.0 a	39.0 b	35.7 a	44.0 c	32.3 c	39.6 c	31.5 a	41.0 c
	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	3.0	4.0	28.6 b	40.0 b	32.0 b	59.3 b	29.7 b	72.0 b	30.4 a	56.6 b
	<i>A. gayanus</i> cv. Planaltina	3.0	4.0	24.0 c	56.6 a	28.7 b	82.0 a	26.8 a	82.0 a	24.9 b	64.3 a
		Doses de P (mg/dm ³)									
		0		80		160		240		410	
		MS	NP	MS	NP	MS	NP	MS	NP	MS	NP
RQ	<i>P.maximum</i> cv. Mombaça	3.1	4.0	39.0 a	38.6 c	35.0 a	53.0 b	31.6 a	59.0 b	32.0 a	47.3 b
	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	3.1	4.0	36.6 a	46.0 b	29.3 b	51.0 b	26.3 b	39.6 c	24.6 b	36.6 c
	<i>A. gayanus</i> cv. Planaltina	3.0	4.0	23.0 b	75.3 a	27.6 b	115.0 a	24.6 b	85.3 a	25.0 b	65.6 a

a. LVAd = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura media; LVd = Latossolo Vermelho distrófico, textura arcillosa.

RQ = Neossolo Quartzarênico, textura arenosa.

* Médias seguidas por letras distintas nas colunas, em cada solo, diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0.05$).

Tabela 7. Tamanho de perfilhos (cm) em solos distintos, aos 45 dias de rebrota.

Gramíneas	Solos ^a		
	LVAd	LVd	RQ
<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça	47.2 b*	47.6 b	45.1 b
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	34.0 c	39.0 c	36.3 c
<i>Andropogon gayanus</i> cv. Planaltina	54.4 a	64.0 a	58.3 a

a. LVAd = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura media; LVd = Latossolo Vermelho distrófico, textura arcillosa;

RQ = Neossolo Quartzarênico, textura arenosa.

* Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si, pelo teste Tukey ($P < 0.05$).

respectivas doses de 240 e 410 mg/dm³ de P, ostentando seu maior potencial de produção.

Conclusões

Para se obterem 90% da máxima produção de MS e 90% do máximo perfilhamento das forrageiras após a rebrotação, são necessários maiores teores de P disponível no solo arenoso do que no solo argiloso.

Em todos os solos, na presença de P a rebrota do capim-Mombaça propicia as maiores produções de MS. Com a aplicação de P, o capim-Andropogon é a espécie que mais perfilhou, independentemente dos solos utilizados.

Na ausência de P em condições de casa-de-vegetação, as forrageiras não perfilham e a produção de MS é inconsistente.

Resumen

En casa de vegetación de la Universidade Federal de Lavras, Lavras (MG), Brasil, fueron evaluados los efectos de dosis crecientes de fósforo (P) sobre el desarrollo de los rebrotes y la producción máxima de 90% de MS de la parte aérea de las especies forrajeras Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça), Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) y andropogon (*Andropogon gayanus* cv. Planaltina) cultivados en Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd), textura media; Latossolo Vermelho distrófico (LVd), textura arcillosa; Neossolo Quartzarênico (RQ), textura arenosa recolectados, respectivamente, en Itumirim (MG), Lavras (MG) e Itutinga (MG) en la microbacia hidrográfica del Alto Rio Grande. En los dos primeros suelos se aplicaron 110, 220, 330 y 560 mg/dm³ de P y en el tercero 80, 160, 240 y 410 mg/dm³ de P, más un testigo sin P. Los

tratamientos se dispusieron en bloques al azar con arreglo factorial (5 x 3) y tres repeticiones. El P disponible en el suelo aumentó de forma lineal con las mayores dosis de este nutriente aplicadas. El número de macollas o rebrotes/maceta y la producción de MS de la parte aérea, a los 42 días de rebrote, aumentaron en forma cuadrática en función de las dosis crecientes de P. Las plantas en los tratamientos testigo no emitieron rebrotes. Los rendimientos de MS en las diferentes dosis de P no fueron consistentes. Los contenidos críticos de P para obtener 90% de la máxima producción de MS variaron entre los tipos de suelos (LVAd, LVd y RQ, respectivamente), siendo de 81, 21 y 80 mg/dm³ para cv. Mombaça; de 76, 23 y 74 mg/dm³ para cv. Marandu y de 79, 21 y 84 para cv. Planaltina. En el suelo LVd las dosis críticas de P fueron mayores que en los otros dos.

Summary

The effects of increasing doses of phosphorus (P) on regrowth and maximum canopy DM production (90%) of three forage species—Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça), Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) and Andropogon (*Andropogon gayanus* cv. Planaltina)—were evaluated under greenhouse conditions at the Universidade Federal de Lavras in Lavras (Minas Gerais, Brazil). Species were grown in medium-texture dystrophic Red-Yellow Latosol (LVAd) from Itumirim (Minas Gerais); clayey texture dystrophic Red Latosol (LVd) from Lavras (Minas Gerais); and sandy texture Quartzarenic Neosols (NQ) from Itutinga (Minas Gerais) in the Alto Rio Grande watershed. The first two soils received P applications of 110, 220, 330, and 560 mg/dm³, and the third, 80, 160, 240, and 410 mg/dm³. A check treatment with no P application was also included. The treatments were arranged in randomized blocks with a 5 x 3 factorial arrangement and three replicates. The P available in the soil increased linearly with increasing application rates of P. The number of tillers or regrowths/pot and canopy DM production, at 42 days regrowth, increased quadratically in relation to increasing doses of P. Regrowth did not occur in plants in the check treatment. The DM yields at different doses of P were variable. Critical P contents to obtain 90% maximum DM production differed depending on soil type (LVAd, LVd, and NQ), being of 81, 21, and 80 mg/dm³, respectively for cv. Mombaça; 76, 23, and 74 mg/dm³ for cv. Marandu; and 79, 21, and 84 mg/dm³ for cv. Planaltina. In the LVd soil, critical P doses were higher than in the other two soils.

Referências

- CFSMG (Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais). 1999. Recomendação para o uso de fertilizantes e corretivos em Minas Gerais, 5ª. Aproximação. Viçosa, Brasil. 359 p.
- Corrêa, L. A. e Haag, H. P. 1993. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras em Latossolo Vermelho-Amarelo álico: Ensaio em casa de vegetação. *Scientia Agrícola*: 50(1):99-108.
- Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Centro Nacional de Pesquisa de Solos). 1999. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro. Embrapa-Solos. 412 p.
- Fonseca, D. M.; Alvarez V. H.; Neves, J. C.; Gomide, J. A.; Novais, R. F.; e Barros, N. F. 1988. Níveis críticos de fósforo em amostras de solos para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa*. *Rev. Bras. Ci. Solo* 12:49-58.
- Guss, A.; Gomide, J.; e Novais, R. F. 1990. Exigência de fósforo para o estabelecimento de quatro espécies de *Brachiaria* em solos com características físico-químicas distintas. *Rev. Soc. Bras. Zootec.* 19(4):278-289.
- Hoffmann, J. A.; Faquim, V.; Guedes, G. A.; e Evangelista, A. R. 1995. O nitrogênio e o fósforo no crescimento da braquiária e do colônio em amostras de um Latossolo da região do noroeste do Paraná. *Rev. Bras. Ci. Solo* 19(1):233-243.
- Humphreys, L. R. e Riveros, F. Tropical pasture seed production. 3.ed. Roma, FAO, 1986. FAO plant production and protection paper 8. 203 p.
- Meirelles, N. M. F.; Werner, J. C.; Abramides, P. L. G. et al. 1988. Nível crítico de fósforo em capim-colônio cultivado em dois tipos de solo: Latossolo Vermelho-Escuro e Podzólico Vermelho-Amarelo. *Bol. Ind. Animal* 45(1):215-232.
- Naime, J. U. 1994. Solos da área mineira do polígono das secas. *Inf. Agropec.* 17(181):10-15.
- Pereira, L. A. F.; Cecato, U.; Machado, A. O. et al. 1997. Influência da adubação nitrogenada e fosfatada sobre a produção e rebrota do capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu) En: 34ª. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora, Brasil. p.151-153.
- Rao, I. M.; Borrero, V. e Ricaurte, J. 1996. Adaptive attributes of tropical forage species to acid soils. 2. Differences in shoot and root growth responses to varying phosphorus supply and soil type. *J. Plant Nutr.* 19(2):323-352.
- Santos Jr.; J. D.; Kanno, T.; Macedo, M. C. et al. 2000. Efeito de doses de nitrogênio e fósforo na produção de matéria seca e no crescimento de *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum*. En: 37ª. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000, Viçosa. Anais... Viçosa, Brasil. p. 85.

Melhoramento da fertilidade do solo em pastagem de *Brachiaria decumbens* associada com leguminosas arbóreas*

D. F. Xavier, M. M. Carvalho, M. J. Alvim e y M. A. Botrel**

Introdução

Um dos efeitos benéficos esperados da associação de pastagens com árvores é o melhoramento da fertilidade do solo. O enriquecimento do solo nas áreas sob influência das árvores acontece principalmente pela incorporação gradativa de nutrientes ao sistema solo-pastagem, por meio da biomassa das árvores (Ovalle e Avendaño, 1984; Nair, 1999). Além disso, as árvores podem aproveitar nutrientes de camadas mais profundas do solo e, por causa de um processo de reciclagem, tornam esses nutrientes disponíveis às forrageiras. Esses efeitos são mais pronunciados quando as árvores possuem sistema radicular profundo, e no caso de leguminosas arbóreas que possuem a capacidade de fixar o nitrogênio do ar atmosférico.

Diversas informações da literatura indicam enriquecimento do solo de pastagens em áreas sob a influência das copas de árvores. Aumentos nos teores de fósforo (P), potássio (K) e outros nutrientes foram observados em amostras de solo coletadas sob copa de árvores em relação àquelas coletadas em áreas de pastagem sem árvores (Joffre et al., 1988; Velasco et al., 1999; Durr e Rangel, 2002). A deposição gradual de biomassa no solo sob a influência de árvores aumenta também a matéria orgânica (MO) do solo (Ovalle e Avendaño, 1984; Mahecha et al., 1999). No Valle del Cauca, Colômbia, Mahecha et al. (1999) estudaram o efeito de dois sistemas silvopastoris (capim-estrela + leucena + algaroba e capim-estrela + algaroba) comparados com capim-estrela em monocultura, sobre algumas propriedades químicas do

solo, e verificaram que, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm os teores de N e de MO foram menores no solo do capim-estrela em monocultura do que nos sistemas com leguminosas.

O efeito das árvores sobre a fertilidade do solo em pastagens é mais evidente em solos de baixa fertilidade do que em solos de fertilidade mediana a alta. Além disso, o efeito parece ser maior com espécies leguminosas do que com não-leguminosas. No Cerrado brasileiro, Oliveira et al. (2000) examinaram o efeito de árvores isoladas de baru (*Dipterix alata*) e de pequi (*Caryocar brasiliense*) sobre as características do solo sob pastagem de *Brachiaria decumbens* e observaram que a concentração de C orgânico foi maior sob as duas espécies arbóreas do que em área sem árvores, porém Ca, Mg e K trocáveis foram mais altos apenas sob as árvores da leguminosa baru.

O objetivo do presente trabalho foi examinar o efeito de árvores da espécie exótica *Acacia mangium* sobre algumas características de um Latossolo Vermelho-Amarelo em pastagem de *B. decumbens*.

Materiais e métodos

O estudo foi conduzido no campo experimental pertencente à Embrapa-Gado de Leite, Coronel Pacheco, em uma pastagem arborizada de *B. decumbens*, formada em Latossolo Vermelho-Amarelo, de baixa fertilidade natural. Sob área de influência da Mata Atlântica do Sudeste do Brasil, o Município de Coronel Pacheco está situado a 21° 33' 22" de latitude sul e 43° 06' 15" de longitude oeste, com altitude de 426 metros. O clima da região é do tipo Cwa, clima tropical mesotérmico úmido, com verão quente e chuvoso (outubro a março) e inverno frio e seco (abril a setembro). Durante o período de condução do experimento, a precipitação média anual foi de 1354 mm, com 1219 mm no período das chuvas

* Trabalho parcialmente financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG)

** Pesquisadores da Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Dom Bosco. 36 038-330 Juiz de Fora, MG. Bolsistas do CNPq. dfxavier@cnpqgl.embrapa.br

e 135 mm na época seca. A temperatura média anual de 21.1 °C, e as médias dos períodos das chuvas e da seca foram 23.7 e 18.5 °C, respectivamente.

Antes da introdução das árvores na pastagem as características químicas de amostras do solo coletadas à profundidade de 0-10 cm eram:

pH_(em água) = 4.34; cátions trocáveis_(cmolc/dm³) Al = 0.33, Ca = 0.19, Mg = 0.06, e K = 0.08; P_(Mehlich)-disponível = 2.12 mg/kg.

O efeito de árvores de *A. mangium* sobre algumas características químicas do solo foi avaliado por meio dos tratamentos seguintes: (1) Sombra de *A. Mangium*, e (2) sem sombra (100% de transmissão de luz), combinados com as profundidades de amostragem 0-10 e 10-20 cm e as épocas seca e águas. O delineamento experimental usado foi completamente casualizado, com quatro repetições e duas épocas de amostragem para cada estação.

As mudas de *A. mangium* foram introduzidas em novembro de 1992 na pastagem de *B. decumbens*, em covas com espaçamento de 10 x 10 m e recebendo adubação na cova. Outras espécies de leguminosas arbóreas foram introduzidas na pastagem na mesma ocasião (Carvalho et al., 1994). A pastagem tem sido mantida sob pastejo rotativo, com períodos de descanso variando de 30-40 dias no período das chuvas.

As datas de amostragem de solo foram: 01/08/2000, 30/03/2001, 19/09/2001 e 19/02/2002. As características químicas examinadas foram: pH em água, Al, Ca, Mg e K trocáveis, P_{Mehlich-1} extraível; saturação por bases (V%) e matéria orgânica (MO), que foram determinados de acordo com a metodologia descrita em Embrapa (1997).

Resultados e discussão

As características químicas do solo, exceto Al trocável, foram afetadas significativamente pelos fatores sombreamento em as profundidades de amostragem do solo (Tabela 1). Miah et al. (1997) relataram mudanças positivas nas propriedades químicas do solo, com exceção do pH e dos teores de Mg trocáveis, sob as copas de leguminosas arbóreas. O efeito da época de amostragem foi significativo para pH em água, K trocável e MO (Tabela 1). A interação tratamento x época não foi significativa (Tabela 1), o que indica que os valores nas características anteriores foram significativamente mais altos na época seca do que no verão e maiores sob as copas das árvores de *A. mangium* do que ao sol (Tabela 2). A literatura tem mostrado que a deposição gradual de biomassa no solo, sob a influência de leguminosas arbóreas, aumenta a MO do solo (Ovalle e Avendaño, 1984; Mahecha et al., 1999). Andrade et al. (2000) estudando a deposição e composição da serapilheira de três leguminosas arbóreas, relataram que a *A. mangium* depositou maior quantidade de material

Tabela 1. Análise de variância para os efectos dos tratamentos en as propriedades químicas do solo.

	pH	Al	Ca	Mg	K	Sat. bases	MO	P
Épocas	**	ns	ns	ns	**	ns	*	ns
Tratamentos	*	ns	**	**	**	**	**	**
Profundidade	*	ns	**	**	**	**	**	**
Época x Trat.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Época x Prof.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Trat. x Prof.	ns	ns	ns	ns	ns	**	*	**

* Efeito significativo a 5% (P < 0.05). ** = Efeito significativo a 1% (P < 0.01). ns = Efeito não significativo.

Tabela 2. Efeito do sombreamento com *Acacia mangium* sobre o pH e teores de K trocável e matéria orgânica en pastagens da *Brachiaria decumbens* em épocas da águas e seca. Médias de duas profundidades de amostragem (0-10 e 10-20 cm).

Tratamento	pH em água		K (cmol _c /dm ³)		MO (%)	
	águas	seca	águas	seca	águas	seca
Sol (sin leg.)	4.66	4.74	0.11	0.19	2.52	2.94
Sombra (leg.)	4.48	4.73	0.21	0.33	3.14	3.18

Tabela 3. Efeito do sombreamento com *Acacia mangium* sobre o pH e teores de K, Ca e Mg trocáveis em pastagens da *Brachiaria decumbens*. Médias de duas épocas (águas e seca) de amostragem de solo.

Tratamento	pH em água		K, cmol _c /dm ³		Ca, cmol _c /dm ³		Mg, cmol _c /dm ³	
	0-10cm	10-20cm	0-10cm	10-20cm	0-10cm	10-20cm	0-10cm	10-20cm
Sol (sin leg.)	4.73	4.68	0.18	0.12	0.39	0.28	0.34	0.26
Sombra (leg.)	4.65	4.56	0.33	0.21	0.77	0.31	0.60	0.36

Tabela 4. Efeito do sombreamento com *Acacia mangium* sobre os teores de P, saturação por base e matéria orgânica em pastagens da *Brachiaria decumbens*. Médias de duas épocas de amostragem de solo.

Tratamento	P, mg/dm ³		Saturação por bases, %		MO, %	
	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm
Sol	4.69 aB	2.77 bA	11.65 aB	9.67 aA	3.02 aB	2.44 bA
Sombra	7.65 aA	3.49 bA	17.21 aA	11.10 bA	3.70 aA	2.62 bA

* Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste 't' (P < 0.05).

formador da serapilheira no período seco março a junho. Entre as três leguminosas estudadas, essa espécie apresentou a maior quantidade de serapilheira com baixa taxa de mineralização, o que refletiu em maior tempo de permanência da MO e dos nutrientes estocados na camada superficial do solo.

Nas áreas sob influência das árvores, os cátions trocáveis, exceto Al, tiveram valores significativamente mais altos (P < 0.01) do que na área de sol, nas duas profundidades estudadas (Tabelas 3 e 4). Em todos os casos o efeito foi mais pronunciado na profundidade de amostragem de 0-10 cm do que na profundidade de 10-20 cm. Aumentos nos teores de Ca, Mg e K trocáveis no solo, por efeito da arborização, foram observados também em outros estudos (Kellman, 1979; Oliveira et al., 2000).

Velasco et al. (1999) também constataram aumentos nos teores de P, K e outros nutrientes em amostras de solo coletadas sob copa de árvores em relação àquelas coletadas em áreas de pastagem sem árvores. Andrade et al. (2000) estudando a decomposição de serapilheira de três leguminosas arbóreas, verificaram que o K foi o nutriente de mais rápida liberação. Estes autores atribuem a esta rápida disponibilização ao fato de que o K não participa da composição estrutural da planta (Andrade et al., 2000). Sob as copas de *A. mangium* o K trocável foi elevado para níveis que são considerados adequados para forrageiras (Cantarutti et al., 1999), principalmente nos 10 cm superficiais do solo (Tabela 3) e na época seca (Tabela 2).

Houve interação entre tratamento x profundidade para os valores de P extraível, saturação por bases e

MO (Tabelas 1 e 4). O efeito da sombra nestes parâmetros ocorreu somente na profundidade de 0-10 cm (Tabela 4). Ovalle e Avendaño (1984) observaram que os teores de MO nos primeiros 5 cm do solo, coletado sob a copa da leguminosa *A. caven*, aumentou em 2.5 unidades percentuais quando o índice de recobrimento da pastagem nativa com essa espécie aumentou de 30% para 50%.

Conclusão

A associação de pastagem de *B. decumbens* com *A. mangium* proporcionou aumento da fertilidade do solo nas áreas de influência das árvores, principalmente nos primeiros 10 cm de profundidade. Nas áreas sob influência das árvores, os cátions trocáveis, exceto Al, tiveram valores significativamente mais altos do que na área de sol, nas duas profundidades estudadas. Em todos os casos o efeito foi maior na profundidade de amostragem de 0-10 cm do que na profundidade de 10-20 cm.

Resumen

En un Oxisol rojo-amarillo del campo experimental de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropécuaria (Embrapa-Gado de Leite), Coronel Pacheco, Brasil, durante 3 años se evaluó el efecto de los residuos de la leguminosa arbustiva *Acacia mangium* en algunas propiedades químicas del suelo en pasturas de *Brachiaria decumbens*. En las pasturas con efecto de la sombra de la leguminosa, los contenidos (cmol_c/dm³) hasta 10 cm de profundidad en el suelo, de K (0.33), Ca (0.77), Mg (0.60) y MO (3.7%) fueron mayores que en la pastura testigo sin leguminosa (0.18, 0.39, 0.34 y 3% respectivamente), por el

contrario, la concentración de Al intercambiable no varió en ambos tratamientos. La asociación de *B. decumbens* con *A. mangium* resultó en un aumento de la fertilidad en el suelo en las áreas de influencia de los árboles, principalmente en los primeros 10 cm de profundidad.

Summary

The effect of crop residues of the shrub legume *Acacia mangium* on several chemical properties of the soil (red-yellow Oxisol) in *Brachiaria decumbens* pastures was determined at the Embrapa-Gado de Leite experimental field in Colonel Pacheco, Brazil, over a 3-year period. Mineral contents (cmol/dm³) in the soil, up to 10 cm depth, were higher in legume-shaded pastures (K, 0.33; Ca, 0.77; Mg, 0.60; and OM, 3.7%) than in the control pasture without legumes (K, 0.18; Ca, 0.39; Mg, 0.34; and OM, 3%). On the other hand, exchangeable Al content did not vary between treatments. The association of *B. decumbens* with *A. mangium* increased soil fertility in the areas shaded by trees, mainly in the upper 10 cm.

Referências

- Andrade, A. G.; Coata, G. S.; e Faria, S. M. 2000. Deposição e decomposição da serapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpinhiifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em Planossolo. Rev. Brasil. Ciência do Solo 24(4):777-785.
- Cantarutti, R. B.; Martins, C. E.; Carvalho, M. M.; Fonseca, D. M.; Arruda, M. L.; Vilela, H.; e Oliveira, F. T. 1999. Pastagens. En: Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T.; e Alvarez V. (eds.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. Viçosa, MG. p. 332-341.
- Carvalho, M. M.; Franco, A. A.; Freitas, V. P.; e Xavier, D. F. 1994. Avaliação do crescimento inicial de leguminosas arbóreas para associação com pastagens na Região Sudeste. En: Primer Congreso Brasileiro sobre Sistemas Agroflorestais. Porto Velho. Anais. 1994. Colombo. Documentos no. 27, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-CNPQ). p. 165-172.
- Durr, P. A. e Rangel, J. 2002. Enhanced forage production under *Samanea saman* in a subhumid tropical grassland. Agrof. Syst. 54:99-102.
- Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 1997. Manual de métodos de análise de solo, 2ª. ed. Ver. Atual. Rio de Janeiro. Documentos no. 1, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-CNPQ). 212 p.
- Joffre, R.; Vacher, J.; Llanos, C. de los; e Long, G. 1988. The dehesa: An agrosilvopastoral system of the Mediterranean region with special reference to the Sierra Morena area of Spain. Agrof. Syst. 6:71-96.
- Kellman, M. 1979. Soil enrichment by neotropical savanna trees. J. Ecol. 67:565-577.
- Mahecha, L.; Rosales, M.; Molina, C. H.; e Molina, E. J. 1999. Un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala*-*Cynodon plectostachyus*-*Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca, Colombia. En: Sánchez, M. D. e Rosales, M. M. (eds.). Agroforestería para la producción animal en América Latina. Roma, FAO. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal no. 143. p. 407-419.
- Miah, M. G.; Garrity, D. P.; e Aragon M. L. 1997. Effect of legume trees on soil chemical properties under agroforestry system. Ann. Bangladesh Agric. 7(2):95-103. (CAB-Abst. 2000/08-2002/04).
- Nair, P. K. 1999. Biogeochemical processes in tropical agroforestry systems: Nutrient cycling. En: Congresso Brasileiro em Sistemas Agroflorestais no Contexto da Qualidade Ambiental e Competitividade. 2. 1998, Belém. Palestras... Belém: Documentos no. 25, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Amazônia Oriental). p. 81-89.
- Oliveira, M. E.; Leite, L. L.; e Castro, L. H. 2000. Influência de árvores de baru (*Dipterix alata*) e pequi (*Caryocar brasiliense*) no solo sob pastagem de braquiária. En: International Symposium Soil Functioning Under Pastures in Intertropical Areas, 2000, Brasília. Memórias... Brasília. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Cerrados). CD-ROM.
- Ovalle, C. e Avendaño, J. 1984. Utilización silvopastoral del espinal. 2. Influencia del espino (*Acacia caven* (Mol.) Hook et Arn.) sobre algunos elementos del medio. Agric. Téc. 44(4):353-362.
- Velasco, J. A.; Camargo, J. C.; Andrade, H. J.; e Ibrahim, M. 1999. Mejoramiento del suelo por *Acacia mangium* en un sistema silvopastoril con *Brachiaria humidicola*. En: Sexto Seminario Internacional sobre Sistemas Agropecuarios Sostenibles, 1999, Cali. Memórias. Centro de Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). CD-ROM.

Levantamento da ocorrência de árvores em pastagens em áreas de relevo acidentado no estado do Rio de Janeiro*

S. M. Souto, Avílio A. Franco e Eduardo F. C. Campello**

Introdução

A associação de pastagens com árvores constitui os sistemas silvipastoris é uma modalidade de agrofloresta que integra na mesma área física árvores, pastagens e animais. Em alguns casos o produto principal é o proveniente das árvores tais como madeira, lenha e frutos; e em outros o produto animal (carne, leite, lã) é o prioritário, os árvores exercendo nesse caso uma função de serviço, ou seja, como suporte a produção animal.

Em vista das características desses sistemas, favoráveis à produção e a proteção ambiental, várias consequências benéficas podem ser esperadas, entre as quais se incluem: (1) a conservação e melhoramento da fertilidade do solo, e com isso, maior armazenamento de carbono e a substituição total ou diminuição da necessidade de adição dos fertilizantes químicos; (2) aumento do estoque de água; (3) diminuição da erosão (degradação do solo) e assoreamento dos mananciais; (4) conforto para os animais na pastagem e (5) proteção a fauna silvestre contribuindo para diminuição da erosão genética. No entanto, para que os benefícios decorrentes da associação é necessário que os árvores não sejam tóxicas aos animais, proporcionem sombra moderada, apresentem características de pioneiros (tolerância à seca e ventos, ausência de efeitos alelopáticos, com sistema radicular profundo para reciclagem de nutrientes e de preferência com capacidade de incorporar N_2 atmosférico ao sistema (Franco e Campello, 2000)

A maioria das espécies arbóreas nativas apresenta baixa demanda por nutrientes, uma alta tolerância a acidez do solo e aos estresses ambientais (Veiga e Veiga, 2000). Em geral, os sistemas silvipastoris têm maior produtividade primária o que implica em maior sequestro de carbono, como consequência de sua maior captação de luz e maior ciclagem de nutrientes (Botero, 2000). As pesquisas até agora realizadas na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Gado de Leite) indicam que algumas das gramíneas forrageiras mais usadas para formação de pastagens no Brasil, entre as quais *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *B. decumbens* e alguns cultivares de *Panicum maximum*, apresentam tolerância ao sombreamento moderado (Carvalho et al., 1997). Os solos predominantes nas áreas reservadas para formação de pastagens com essas espécies forrageiras são geralmente ácidos de baixa fertilidade natural. O baixo nível de N nos solos de pastagens é uma condição que pode ser muitas vezes observada através da coloração amarela das pastagens nas épocas do ano mais propícias ao crescimento das plantas. Em Coronel Pacheco, MG, verificou-se que, em pastagens de *B. brizantha* e de *B. decumbens* formadas em Latossolo Vermelho Amarelo e Argissolo Vermelho Amarelo, as concentrações de N e de K nas folhas das duas gramíneas foram significativamente mais altas em amostras coletadas em áreas do pasto sob a influência das copas de árvores de diversas espécies de leguminosas nativas, do que naquelas em áreas sem influência dos árvores (Carvalho et al., 1994; 1996). Esses resultados indicam o potencial da utilização das espécies fixadoras de N_2 atmosférico, de modo que a densidade de árvores promovendo apenas sombreamento moderado às forrageiras, poderia contribuir significativamente para aumentar a produtividade e a sustentabilidade dessas pastagens. Além de adicionar nutrientes e aumentar a disponibilidade de N no solo de pastagens, por efeito da sombra, uma adequada disposição de árvores na

* Trabalho de parceria da Embrapa Agrobiologia, EMATER-RJ e Instituto de Biologia da UFRRJ.

** Pesquisadores da Embrapa Agrobiologia, Km 47 da Antiga Rod. Rio-São Paulo, CEP 23851-970 e-mail (respectivamente): smsouto@cnpab.embrapa.br avilio@cnpab.embrapa.br campello@cnpab.embrapa.br

pastagem poderia ajudar no controle de erosão, aspecto de grande importância, principalmente em terrenos ondulados e montanhosos.

A leguminosa arbórea *Acacia mangium* é um exemplo de espécie de crescimento rápido que apresenta excelente adaptação aos vários ecossistemas no Brasil (Franco et al., 1994; Carvalho, 1996) e tem várias utilidades, o que a torna de grande potencial para uso em sistemas silvipastoris. No entanto, mais estudos são necessários na procura de espécies arbóreas com as características de crescimento e arquitetura favoráveis à integração com pastagens, principalmente espécies nativas.

O presente trabalho visou cadastrar e avaliar fenologicamente árvores individuais em pastagens, e com isso, aumentar o conhecimento sobre espécies arbóreas nativas com potencial para arborização de pastagens na região da Mata Atlântica.

Materiais e métodos

O trabalho foi feito de junho à setembro de 2001 em 27 propriedades de oito municípios das regiões norte, noroeste e serrana do estado do Rio de Janeiro. A localização dos municípios é a seguinte: Itaperuna (Lat. 21° 08' 25.8" - Long. 41° 59' 30.8"), Campos (21° 52' 10" - 41° 27' 11.4"), São Fidelis (21° 42' 25.3" - 41° 53' 42.1"), Miracema (21° 22' 45.1" - 42° 10' 16.6"), Cordeiro (22° 03' 10.6" - 42° 22' 57.6"), Itaocara (21° 39' 50.4" - 42° 03' 25.1"), São Sebastião do Alto (21° 54' 35.9" - 42° 09' 39.8"), Cantagalo (21° 57' 11.9" - 42° 19' 42.3"). Foram cadastrados 370 árvores, identificando-as, registrando os dados fenológicos bem como avaliando visualmente a quantidade de ervas daninhas e abundância da vegetação sob a copa desses árvores, comparada àquelas encontradas fora da área de influência dessas copas.

O espaço destinado a 'observações' nesta ficha foi preenchido, quando era o caso, com informações relativas a presença e coloração da floração e do fruto, com a presença e coloração de latex nas diferentes partes da planta, coloração e odor das folhas e de outras partes do árvore, com o aspecto da superfície da casca, aspecto vegetativo do capim sob e fora da copa do árvore, com o formato de sua copa, presença ou ausência de espinhos ou acúleos e informações colhidas nas regiões sobre os árvores cadastradas, como nome e usos.

No caso do árvore não ser identificada no campo, amostras de suas folhas, galhos, mais flores e frutos, quando presentes, eram prensadas e trazidas para o laboratório, para serem secas em estufa à 65 °C. Em

seguida, as mesmas eram enviadas, no caso de não-leguminosas, para o Instituto de Biologia da UFRJ para identificação. A identificação, no caso das leguminosas foi feita pelos técnicos da Embrapa-Agrobiologia.

Em todas as atividades de campo contou-se com a colaboração dos técnicos dos escritórios locais da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater-RJ) do estado do Rio de Janeiro.

Resultados e discussão

Dos 370 árvores cadastrados nos oito municípios, foi possível identificar botanicamente 255 delos, sendo que estos se encontravam distribuídos em 20 famílias e 48 gêneros e espécies. A não identificação de todas as espécies observadas se devem a não ocorrência de estruturas reprodutivas na época da amostragem.

As famílias com maior número de árvores (Tabela 1) foram as Leguminosae/Cesalpinoideae (24.7%), Bignoniaceae (20.5%), Leguminosae/Mimosoideae (16.6%) e Leguminosae/Papilionoideae (13.5%). Os municípios com maior quantidade de árvores leguminosas foram: Itaocara (25.7% do total de 140 árvores de leguminosas), Miracema (21.4%), Cantagalo (17.1%), São Fidelis (12.1%) e Cordeiro (11.4%).

Os generos/espécies identificados com maior número de árvores nas pastagens (Tabelas 2 y 3), foram os seguintes: *Apuleia leiocarpa* (12.1% do total de 255 árvores), *Tabebuia* sp. (10.9%), *Peltophorum dubium* (10.9%), *Anadenanthera peregrina* (9.8%), *Platypodium elegans* (6.7%), *T. ochracea* (6.3%), *Albizia polycephala* (3.5%), *Piptadenia gonoacantha* (1%) e *Pterogyne nitens* (1%). Nas Tabelas também são mostradas a classificação das plantas pelo estágio sucessional e pela fixação de nitrogênio.

Os resultados das avaliações visuais das quantidades de ervas daninhas e biomassa vegetal sob as copas dos árvores em relação àquelas encontradas fora delas, bem como a identificação das gramíneas, mostraram que as de maior ocorrência sob as copas dos árvores foram *B. brizantha* cv. Marandu, *B. humidicola* e *B. decumbens* com 65.3% de ocorrência. Com menor frequência (27.1%) apareceu *Paspalum maritimum* e *P. notatum*.

Os árvores leguminosas que sob suas copas não apresentaram nenhuma erva daninha e a quantidade de biomassa vegetal foi similar a encontrada fora da copa foram localizadas em: Itaperuna (dois árvores da

Tabela 1. Distribuição das famílias das árvores, identificadas nas pastagens dentro dos municípios nas regiões, norte, noroeste e serrana do Estado do Rio de Janeiro, Brasil.

Família	Municípios							
	Itaperuna	Campos	São Fidelis	Miracema	Cordeiro	Itaocara	São Sebastião	Cantagalo
Anacardiaceae	—	1	1	—	—	—	—	—
Apocynaceae	1	1	—	—	—	1	—	1
Bignoniaceae	20	6	1	12	3	3	—	8
Compositae	—	—	—	—	3	—	—	—
Flacourtiaceae	1	1	—	4	—	—	—	—
Lecythidaceae	1	—	2	1	—	—	—	—
Leg/Caesalpinoideae	—	—	12	9	11	22	3	9
Leg/Mimosoideae	3	—	5	16	—	14	—	3
Leg/Papilionoideae	—	3	—	6	5	—	9	12
Melastomaceae	—	—	—	—	5	—	—	—
Meliaceae	2	—	—	1	—	—	—	1
Moraceae	—	—	—	1	—	2	—	—
Myrtaceae	—	7	—	—	—	—	—	—
Nictagynaceae	5	—	—	—	—	—	—	—
Phytolacaceae	2	—	2	—	—	—	—	—
Rubiaceae	1	1	—	—	—	—	—	—
Rutaceae	—	1	—	—	—	—	—	—
Sapindaceae	1	—	—	—	3	—	—	—
Solanaceae	1	—	—	—	—	—	—	—
Sterculiaceae	—	1	—	1	—	—	—	—
Tiliaceae	—	2	—	1	—	—	—	—
Verbenaceae	—	—	2	3	—	—	—	—

espécie *A. peregrina*-Mimosoideae), São Fidelis (oito árvores de *P. dubium*-Cesalpinoideae), Miracema (dois de *A. peregrina*-Mimosoideae, três de *A. leiocarpa*-Cesalpinoideae, uno de *Dalbergia nigra*-Papilionoideae, três de *P. dubium*-Cesalpinoideae, cinco de *P. gonoacantha*-Mimosoideae e uno de *Platypodium elegans*-Papilionoideae), Cordeiro (duas de *P. elegans*-Papilionoideae), Itaocara (nove de *A. polycephala*-Mimosoideae, cinco de *A. peregrina*-Mimosoideae, seis de *A. leiocarpa*-Cesalpinoideae e cinco de *P. nitens*-Cesalpinoideae) e nenhuma nos municípios de Campos, São Sebastião do Alto e Cantagalo. Dezesseis árvores prejudicaram o crescimento da gramínea sob sua copa, sendo uma de cada das seguintes espécies: *Solanum* sp., *Sapindus saponaria*, *Pesqueria laeta*, *Trichilia* sp., *Gallesia integrifolia*, *Inga uruguensis*, *Sparattosperma leucanthum*, *Casearia sylvestris*, *Aegiphila sellowiana*; dois árvores da espécie *A. peregrina* e cinco de *P. elegans*.

Em relação a presença das raízes expostas, dos 41 árvores cadastrados no município de Itaperuna, *Ramisia brasiliensis*, *Tabebuia* sp. e uma espécie não

identificada apresentaram raízes expostas sobre a superfície do solo. Em Campos, das 57 árvores cadastrados, uno não identificada da família Anacardiaceae apresentou quantidade regular de raízes expostas sobre a superfície do solo, enquanto *Machaerium hirtum* e uma espécie não identificada da família Flacourtiaceae apresentaram pouca raízes expostas, em Miracema um árvore de *Ficus* sp. e em São Sebastião do Alto um de *Dalbergia nigra*.

A exposição das raízes deve estar associada ao tipo de solo, a declividade da área e o manejo da pastagem, já que não houve predominância de uma espécie com raízes expostas e entre elas está *M. hirtum*, que normalmente apresenta raiz pivotante profunda

De maneira geral, foram encontradas poucas árvores individuais nas pastagens. Contudo, é importante mencionar que entre os árvores predominantes, encontram-se espécies de valor madeireiro para as propriedades rurais, como é o caso da *A. leiocarpa*, *Tabebuia* sp., *A. peregrina*, e que entre as nove espécies mais comuns nas pastagens,

Tabela 2. Distribuição dos generos e espécies de árvores identificadas nas pastagens em dos municípios nas regiões, norte, noroeste e serrana do Estado do Rio de Janeiro e classificação das plantas pelo estágio sucessional e fixação de nitrogênio.

Espécie	Municípios								Sucessão e fixação do N ^a
	Itaperuna	Campos	São Fidelis	Miracema	Cordeiro	Itaocara	São Sebastião	Cantagalo	
<i>Aegyphila sellowiana</i>	—	—	2	3	—	—	—	—	Pi
<i>Albizia policephala</i>	—	—	—	—	—	9	—	—	Pi, Fi
<i>Anadenanthera peregrina</i>	3	—	5	9	—	5	—	3	Pi, Fi
<i>Andira</i> sp.	—	—	—	1	—	—	—	3	Sec, Cli, Fi
<i>Apuleia leiocarpa</i>	—	—	—	7	9	5	2	5	Sec, nFi
<i>Casearia decandra</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	Pi-Seinic
<i>Casearia sylvestris</i>	—	—	—	4	—	—	—	—	Pi
<i>Centrolobium tomentosum</i>	—	—	—	1	—	—	—	—	Secinic
<i>Cupania</i> sp.	—	—	—	—	3	—	—	—	Sec
<i>Cyristax antisiphilica</i>	—	—	—	—	1	—	—	—	Pi
<i>Dalbergia frutescens</i>	—	1	—	—	—	—	—	—	Sec
<i>Dalbergia nigra</i>	—	1	—	1	—	—	1	2	Sec
<i>Erythrina verna</i>	—	—	—	—	2	—	—	—	Sec
<i>Ficus</i> sp.	—	—	—	1	—	2	—	—	Secmg
<i>Gallesia integrifolia</i>	2	—	2	—	—	—	—	—	Sec
<i>Genipa americana</i>	1	1	—	—	—	—	—	—	Sec
<i>Gochnatia polymorpha</i>	—	—	—	—	3	—	—	—	Sec
<i>Guarea guidonia</i>	1	—	—	1	—	—	—	1	Sec
<i>Inga uruguensis</i>	—	1	—	—	—	—	—	—	Sec
<i>Lecythis lurida</i>	—	—	—	1	—	—	—	—	Sec
<i>Lecythis</i> sp.	1	—	2	—	—	—	—	—	Secmg
<i>Luehea grandiflora</i>	—	—	—	1	—	—	—	—	Sec
<i>Luehea</i> sp.	—	2	—	—	—	—	—	—	Secmg

a. Pi = pioneira, Sec = secundária, Pi-Sec = pioneira à secundária, Seinic = secundária inicial, Secmg = secundária de uma maneira geral, Fi = fixadora, nFi = não fixadora.

quatro são fixadoras de nitrogênio (*A. policephala*, *A. peregrina*, *P. gonoacantha* e *P. elegans*) e representam 42.1% do total de árvores encontradas, além de, segundo Souto et al. (2001) substituírem outras plantas que são normalmente usadas para alimentação sob diferentes formas e para fins medicinais. Os produtores geralmente consideram no manejo de uma pastagem o gado como produto principal e as espécies arbustivas e arbóreas de interesse secundário deixando, algumas vezes poucas, principalmente quando estas apresentam atributos de seu interesse, como para fornecimento de sombra, fruto, madeira ou melhoria da paisagem.

Conclusões

Foram encontradas poucas árvores individuais nas pastagens dos municípios visitados. Dos 255 árvores identificados, 54.8% pertencem a família Leguminosae e as espécies que predominaram nesta

família foram *P. dubium*, *A. leiocarpa*, *P. nitens*, *A. polycephala*, *A. peregrina*, *P. gonoacantha* e *P. elegans*, sendo as quatro últimas fixadoras de nitrogênio.

A observação visual mostrou que houve uma variação do impacto da presença das árvores sobre o crescimento das pastagens, sendo que das 255 árvores identificadas, 16 prejudicaram e as demais favoreceram o crescimento das gramíneas.

Resumen

Entre junio y septiembre de 2001, en 27 fincas distribuidas en ocho municipios de las regiones norte, noroeste y serranía del Estado de Rio Janeiro, Brasil, se realizó un inventario de los árboles más frecuentes en sistemas silvopastoriles. En total se registraron 370 árboles y se identificaron 255, siendo las familias más frecuentes Leguminosae/Cesalpinoideae

Tabela 3. Distribuição dos generos e espécies de árvores identificadas nas pastagens em dos municípios nas regiões, norte, noroeste e serrana do Estado do Rio de Janeiro.

Espécies	Municípios								Sucessão e fixação do N ^a
	Itaperuna	Campos	São Fidelis	Miracema	Cordeiro	Itaocara	São Sebastião	Cantagalo	
<i>Machaerium hirtum</i>	—	—	—	1	—	—	—	1	Pi, Fi
<i>Machaerium</i> sp.	—	—	—	—	1	—	—	—	Pi-Se, Pimg
<i>Mangifera indica</i>	—	—	1	—	—	—	—	—	Se
<i>Miconia cinnamofilia</i>	—	—	—	—	6	—	—	—	Fi
<i>Peltophorum dubium</i>	—	—	12	2	—	11	1	2	Pi, nFi
<i>Peschiera fuchsiaeifolia</i>	—	—	—	—	—	1	—	1	Fi
<i>Peschiera laeta</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	Pi-Se
<i>Peschiera</i> sp.	—	1	—	—	—	—	—	—	Pi-Se
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	—	—	—	7	—	—	—	—	Seinic
<i>Platypodium elegans</i>	—	—	—	2	2	—	7	6	Pi, Fi
<i>Pterigota brasiliensis</i>	—	—	—	1	—	—	—	—	Se
<i>Pterigota grandiflora</i>	—	1	—	—	—	—	—	—	Se
<i>Pterogynes nitens</i>	—	—	—	—	—	5	—	—	Pi, nFi
<i>Ramisia brasiliensis</i>	5	—	—	—	—	—	—	—	Fi
<i>Sapindus saponaria</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	Fi
<i>Schizolobium parahyba</i>	—	—	—	—	3	—	—	—	Pi, nFi
<i>Syzygium jambolanum</i>	—	5	—	—	—	—	—	—	Fi
<i>Solanum</i> sp.	1	—	—	—	—	—	—	—	Pimg
<i>Sparattosperma leucanthum</i>	—	5	—	2	—	—	—	—	Fi
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	—	—	—	—	—	1	—	—	Se
<i>Tabebuia ochracea</i>	—	—	—	6	3	2	—	5	Se
<i>Tabebuia</i> sp.	21	—	1	3	1	—	—	2	Semg
<i>Trichilia</i> sp.	1	—	—	—	—	—	—	—	Semg

a. Pi = pioneira, Sec = secundária, Pi-Sec = pioneira à secundária, Seinic = secundária inicial, Secmg = secundária de uma maneira geral, Fi = fixadora, nFi = não fixadora, Pimg = fixadora de uma maneira geral.

(24.7%), Bignoniaceae (20.5%), Leguminosaeae/Mimosoideae (16.6%) y Leguminosaeae/Papilionoideae (13.5%). Los géneros/especies con mayor número de árboles identificados fueron *Apuleia leiocarpa* (12.1%), *Tabebuia* sp. (10.9%), *Peltophorum dubium* (19.9%), *Anadenanthera peregrina* (9.8%), *Platypodium elegans* (6.7%), *T. Ochracea* (6.3%) y *Albizia polycephala* (3.5%). Las gramíneas predominantes fueron *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *B. humidicola* e *B. decumbens* com 65.3%; y *Paspalum maritimum* y *P. notatum* (27.1%). Las observaciones visuales confirmaron que existe un bajo impacto de los árboles en el desarrollo de las pasturas, además, 16 de ellos se encontraban obstaculizando el crecimiento de las gramíneas.

Summary

Between June and September 2001, an inventory was made of the trees that most frequently appear in

silvopastoral systems on 27 farms located in eight municipalities of the north, northwest, and highland region of the state of Rio de Janeiro, Brazil. Overall, 370 trees were recorded and, of these, 255 were identified. The most frequent families were Leguminosaeae/Cesalpinoideae (24.7%), Bignoniaceae (20.5%), Leguminosaeae/Mimosoideae (16.6%), and Leguminosaeae/Papilionoideae (13.5%). The genera/species with the highest number of trees identified were *Apuleia leiocarpa* (12.1%), *Tabebuia* sp. (10.9%), *Peltophorum dubium* (19.9%), *Anadenanthera pilgrim* (9.8%), *Platypodium elegans* (6.7%), *T. ochracea* (6.3%), and *Albizia polycephala* (3.5%). Predominant grasses were *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *B. humidicola*, and *B. decumbens*, which accounted for 65.3%, followed by *Paspalum maritimum* and *P. notatum*, which accounted for 27.1%. Visual observations confirmed that the trees have a slight impact on pasture development. More so, 16 of them were found to hinder grass growth.

Agradecimentos

Ao Dr José Cantarino Vilella pela ajuda na concretização da parceria com a Emater-RJ para a realização desse trabalho. Aos técnicos da Emater-RJ de Itaperuna, Campos, São Fidelis, Miracema, Cordeiro, Itaocara, São Sebastião do Alto e Cantagalo, citados no texto, pela excelente acolhida nos seus escritórios e ajuda no trabalho de campo. As professoras da UFRJ Maria Mercedes Teixeira da Rosa, Ines Machline Silva e Marilena Menezes Silva Conde, pelo trabalho de identificação botânica das árvores não leguminosas à nível de família, género e espécie. Aos empregados da Embrapa-Agrobiologia Rosinaldo Feital do Couto, Adilson Costa de Almeida e Nelio Coutinho de Oliveira, pela ajuda no trabalho de campo, especialmente, ao Carlos Fernando Cunha pela sua valiosa colaboração na coleta e identificação das espécies das árvores sob condições de campo. A estagiária Andrea Duque Estrada pela ajuda na organização das amostras das árvores oriundas do campo com a finalidade de sua identificação botânica.

Referências

- Botero, J. A. B. 2000. Contribución de los sistemas ganaderos tropicales al secuestro de carbono. En: Simposio Internacional sobre Sistemas Florestais na América do Sul. 2000. Juiz de Fora: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Gado de Leite), FAO. 1. Cd-Rom.
- Carvalho, M. M. 1996. Comportamento de cinco leguminosas arbóreas exóticas introduzidas em uma pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf. En: Simposio Internacional sobre Ecossistemas Florestais. 4. Biosfera. Belo Horizonte, 13 a 16 de agosto de 1996. Resumos. p. 152-153.
- _____; Freitas, V. P.; Alemida, D. S.; e Villaza, H. A. 1994. Efeito de árvores isoladas sobre a disponibilidade e composição química da forragem de pastagens de braquiária. Rev. Soc. Brasil. Zootec. 23(5):709-718.

- _____; Silva, J. L.; e Campos, B. A. Jr. 1997. Produção de matéria seca e composição mineral da forragem de seis gramíneas tropicais estabelecidas em um subbosque de angico-vermelho. Rev. Brasil. Zootec. 26(2): 213-218.
- _____; Xavier, D. F.; e Freitas, V. P. 1996. Efecto de dos especies de arboles forrageiras sobre la adicion de nutrientes a la *Brachiaria decumbens* Stapf. En: Taller Internacional sobre los Arboles en los Sistemas de Produccion Ganadera. 1996, Matanzas, Cuba. p. 48.
- Franco, A. A. e Campello, E. F. 2000. Importância da fixação biológica de nitrogênio na recuperação e sustentabilidade de pastagens nas áreas montanhosas da Mata Atlântica. En: Campos, O. F.; Bressan, M.; e Lizieire, R. S. (eds.). Atividades silvipastoris em sistemas sustentáveis de produção de leite na região da Mata Atlântica. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Gado de Leite), Juiz de Fora, Brasil. p. 9-18.
- _____; Carvalho, E. F.; Dias, L. E.; e Faria, S. M. 1994. Revegetação de áreas mineradas de bauxita em Porto Trombetas-PA com leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas. En: Simpósio Sul-Americano e Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas. 2. 1994, Foz do Iguaçu. Anais ... FUEP. p. 145-153.
- Souto, S. M.; Franco, A. A.; Campello, E. F.; Silva, I. M.; Vilella, J. C.; Rosa, M. M.; e Conde, M. M. 2001. Utilidade das árvores identificadas em pastagens das regiões norte, nordeste e serrana do estado do Rio de Janeiro. Documento no. 131. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-CNPAB), Seropédica. 26p.
- Veiga, J. B. e Veiga, D. F. 2000. Sistemas silvipastoris na Amazônia Oriental. En: Simposio Internacional sobre Sistemas Florestais na América do Sul. 2000. Juiz de Fora: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Gado de Leite), FAO. 1. Cd-Rom.

Composição química, digestibilidade e fracionamento do nitrogênio e dos carboidratos de algumas espécies forrageiras

L. J. Magalhães*, J. da Costa Carneiro*, D. S. Campos**, R. M. Maurício***, M. J. Alvim* e D. F. Xavier*

Introdução

A baixa produtividade das forrageiras usadas para pastejo constitui uma das principais limitações à produção de bovinos. Uma opção viável para superar o problema, consiste no oferecimento de leguminosas herbáceas, arbustivas e arbóreas que podem constituir fonte de alimento de boa qualidade contribuindo para o incremento da produção animal nos trópicos (Carvalho, 2001). Sugere-se a implantação de sistemas silvipastoris com leguminosas fixadoras de nitrogênio, que possam se associar com forrageiras ou serem mantidas alternadamente com pastejos e cultivos, assim como bancos de proteínas ou cercas vivas. Além disso, a inclusão de árvores em pastagens de gramíneas pode trazer consequências positivas para o ecossistema dessas áreas, entre elas, controle da erosão, melhoramento no aproveitamento da água das chuvas, maior disponibilidade de proteína bruta (PB) e conforto térmico para os animais (Carvalho, 2001).

As leguminosas *Cratylia argentea*, *Leucaena leucocephala* e *Glyricidia sepium* são forrageiras tropicais utilizadas na alimentação animal, principalmente na época seca do ano (Xavier et al., 1990; Lascano et al., 1995; Murgueitio, 2000). *Morus alba* (amoreira) é uma espécie que também apresenta comprovado valor forrageiro (Benavides, 2000).

Atualmente, os sistemas de avaliação de alimentos exigem que os componentes nitrogenados e de

carboidratos dos alimentos utilizados pelos ruminantes sejam fracionados no sentido de melhor caracterizá-los (Sniffen et al., 1992).

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a composição química, a digestibilidade in vitro e o fracionamento dos componentes nitrogenados e dos carboidratos de algumas espécies de leguminosas, de gramíneas e da amoreira.

Materiais e métodos

As avaliações foram desenvolvidas na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Gado de Leite) com amostras colhidas em maio de 2000, início da época seca na região Sudeste do Brasil, caracterizado como o período de escassez de alimentos para os animais mantidos em regime de pastejo. Os estudos foram realizados com as leguminosas gliricídia (*G. sepium*), cratília (*C. argentea*), leucena (*L. leucocephala*) e estilosantes (*Stylosanthes guianensis*); e com as gramíneas *Cynodon* sp. cv. Tifton 85 e braquiária (*Brachiaria decumbens*) e com amoreira (*M. alba*).

As amostras das árvores e arbustos foram obtidas manualmente, usando-se como critério para colheita partes das plantas potencialmente consumidas pelo animal. Assim, foram coletadas folhas e ramos com menos de 1 cm de diâmetro. No momento da colheita estas espécies estavam na fase vegetativa e apresentavam pelo menos 4 anos de idade. As amostras das espécies herbáceas (estilosantes, cv. Tifton 85 e braquiária) foram obtidas pela técnica do pastejo simulado, quando estas apresentavam 40 dias de rebrota pós-pastejo. As amostras foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e cinzas (AOAC, 1990). Os teores de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), celulose e lignina foram

* Pesquisador da Embrapa Gado de Leite – Rua Eugênio do Nascimento, 610, Juiz de Fora – MG – 36038-330. laroeira@cnppl.embrapa.br, jailton@cnppl.embrapa.br, alvim@cnppl.embrapa.br, dfxavier@cnppl.embrapa.br

** Bolsista Recém-doutor do CNPq – Embrapa Gado de Leite – dscp@terra.com.br

*** Pesquisador da Fundação Ezequiel Dias – FUNED – Rua Conde Pereira Carneiro, 80 – Belo Horizonte – 30510-010 – rmmfuned@funed.mg.gov.br

analisados segundo metodologia proposta por Van Soest et al. (1991) e a digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) de acordo com Tilley e Terry (1963).

O componente nitrogenado foi subdividido em fração A, constituído de compostos nitrogenados não-proteicos (NNP), fração de proteínas solúveis e rapidamente degradadas no rúmen (B_1), frações de proteínas insolúveis, com taxas de degradação intermediária (B_2) e lenta (B_3), e fração de proteínas insolúveis e não digeríveis no rúmen e no intestino (C).

A fração A foi obtida pelo tratamento da amostra (0.5 g) com 50 ml de água destilada por 30 min subsequente adição de 10 ml de ácido tricloroacético (TCA) a 10%, durante 30 min (Krishnamoorthy et al., 1982). Após a filtragem em papel 'Whatman' foi determinado o resíduo de nitrogênio. A fração de NNP (A) foi calculada subtraindo o nitrogênio residual do nitrogênio total.

O nitrogênio solúvel total foi determinado após 3 h de incubação da amostra (0.5 g) em 50 ml de solução tampão borato-fosfato com 1 ml de solução azida sódica. Após a filtragem em papel Whatman no. 54, foi determinado o nitrogênio no resíduo. A proteína solúvel (B_1) foi determinada pela diferença entre a proteína insolúvel após o tratamento com TCA e o nitrogênio residual insolúvel no tampão borato-fosfato. A fração B_3 foi determinada pela diferença entre o nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o insolúvel em detergente ácido (NIDA). A fração C representa o nitrogênio insolúvel em detergente ácido. A fração B_2 foi determinada pela diferença entre o nitrogênio total e a soma das frações $A + B_1 + B_3 + C$ (Licitra et al., 1996).

Os carboidratos foram subdivididos nas frações seguintes: A + B_1 (açúcares simples de rápida degradação ruminal + amido e pectina), B_2 (taxa de degradação lenta, correspondendo à porção digestível da parede celular) e C (porção não-digerida no trato gastrointestinal). Para as determinações deste fracionamento, adotaram-se as procedimentos descritos por Sniffen et al. (1992).

A fração C foi obtida pela equação:

$$100 * \text{FDN (\%MS)} * 0.01 * \text{lignina (\%FDN)} * 2.4/\text{CHT (\%MS)},$$

em que CHT corresponde aos carboidratos totais.

A fração B_2 foi determinada por meio da fórmula:

$$[100 * (\text{FDN (\%MS)} - \text{PIDN (\%PB)}) * 0.01 * \text{PB (\%MS)}] - [\text{FDN (\%MS)} * 0.01 * \text{lignina (\%FDN)} * 2.4]/\text{CHT (\%MS)},$$

em que PIDN corresponde à proteína insolúvel em detergente neutro.

As frações de carboidratos com elevadas taxas de degradação ruminal (fração A + B_1) foram determinadas pela diferença entre 100 - (fração C + B_2).

A fração A + B_1 considerada como carboidratos não-estruturais (CNE), foi obtida pela fórmula:

$$\text{CNE} = \text{MO} - (\text{PB} + \text{EE} + \text{FDNcp}),$$

em que FDNcp constitui a parede celular vegetal isenta de cinzas e de proteínas.

Resultados e discussão

As leguminosas apresentaram valores de DIVMS variáveis, sendo 60.5% para gliricídia, 56.2% para leucena, 52.5% para estilosantes e 48.3% para cratília (Tabela 1). Os valores encontrados estão próximos da média de DIVMS (54.4%) citados por Saavedra et al. (1987) para leguminosas tropicais.

Estilosantes apresentou teores de 54% de FDN, 38.4% de FDA, 10.8% de lignina e 11.8% de PB. Estes resultados foram relativamente próximos aos observados por Jingura et al. (2001), no Zimbábue, numa média de 77 amostras colhidas em quatro tipos diferentes de solo.

Dentre as leguminosas arbóreas e arbustivas, observou-se que gliricídia apresentou 19.6% de PB, já leucena e cratília apresentaram 28.9% e 21.4%, respectivamente. Médias de PB de 24.3% e de DIVMS de 67.3% foram relatados por Mochiutti e Kass (2000) para folhas de gliricídia. A presença de caule nas amostras de gliricídia pode justificar os menores valores encontrados neste trabalho, em relação a aqueles citados na literatura.

Apesar do alto teor de PB da cratília, a mesma apresentou o baixo valor de DIVMS, provavelmente, devido ao seu elevado teor de lignina (16.7%). Resultados semelhantes foram relatados por Kexian et al. (1998), que encontraram teores de PB de 19.5% e DIVMS de 48.4%. Contudo, estes autores concluíram que a baixa DIVMS não limitou o consumo de MS pelos animais que receberam a leguminosa.

Amoreira apresentou valores de FDN, FDA e DIVMS comparáveis aos encontrados na gliricídia, embora seus teores de PB e lignina tenham sido 25% e 90% menores do que os observados para a leguminosa. Teores de PB de 20% e 8.3% e de

Tabela 1. Teores médios (%) de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, cinzas, celulose, proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) de diferentes espécies forrageiras. Sudeste do Brasil.

Espécie	MS	FDN	FDA	Celulose	Lignina	DIVMS	Cinza	PB	EE
<i>Stylosanthes guianensis</i>	33.3	54.0	38.4	27.0	10.8	52.5	5.0	11.8	3.9
<i>Glyricidia sepium</i>	24.8	44.8	27.9	16.1	12.2	60.5	7.5	19.6	3.9
<i>Leucaena leucocephala</i>	24.3	42.6	28.3	16.2	12.7	56.2	9.5	28.9	2.1
<i>Cratylia argentea</i>	45.5	59.0	36.6	18.1	16.7	48.3	7.8	21.4	1.7
<i>Morus alba</i>	43.6	45.3	29.6	20.5	6.4	60.0	12.8	14.8	2.0
<i>Cynodon</i> sp. cv. Tifton 85	24.4	71.6	39.6	31.2	5.3	55.7	10.2	12.3	1.3
<i>Brachiaria decumbens</i>	34.9	63.5	34.7	30.9	4.5	52.7	7.7	8.6	1.5

DIVMS de 77.1% e 56.1% foram reportados, respectivamente, para as folhas e caules tenros de amoreira (Benavides et al., 1994). Os resultados de composição química e DIVMS da amoreira, demonstram seu potencial forrageiro, sendo entre as espécies arbóreas, uma das que apresenta melhores características nutricionais para uso na alimentação de ruminantes (Benavides, 2000).

O capim cv. Tifton 85 apresentou maiores teores de FDN, FDA e PB que o capim-braquiária. Entretanto, comparando os teores de lignina e celulose e os valores de DIVMS observa-se que os mesmos foram semelhantes (Tabela 1). Ao contrário do esperado, o alto teor de FDN no capim cv. Tifton 85, não está associado ao valores de DIVMS. Esta aparente contradição, já relatada na literatura (Hill et al., 1998) parece ser explicada pela menor ocorrência de ligações tipo éter envolvendo o ácido ferúlico (Hill et al., 1998). Consequentemente, a digestibilidade da fibra em capim cv. Tifton 85 parece ser favorecida,

devido a menores impedimentos físicos à ação microbiana.

Estilosantes apresentou soma das frações nitrogenadas $A + B_1 + B_2$, de mais rápida degradação ruminal, de 85%, ao passo que a soma das frações $B_3 + C$, de lenta degradabilidade, foi de 14.8% (Tabela 2). Quanto às frações de carboidratos observou-se, para o estilosantes, valor de 33.7% para a soma das frações $A + B_1$, e de 32.7% para a fração C.

Dentre as leguminosas arbóreas e arbustivas, foram observadas soma das frações dos compostos nitrogenados $A + B_1$ de 35% para leucena, 29.3% para gliricídia e 19.1% para cratília. Além da maior soma dessas frações, leucena apresentou alto teor de PB (Tabela 1) o que pode proporcionar aos animais maior quantidade de nitrogênio prontamente disponível no rúmen. A fração de nitrogênio de baixa digestão ruminal (B_3) da cratília foi 60% e 36% maior que as estimadas para a leucena e gliricídia, respectivamente.

Tabela 2. Fracionamento dos componentes nitrogenados (N) e dos carboidratos (CHT) de diferentes espécies forrageiras. Sudeste do Brasil.

Espécie	Fracionamento do N (% , PB)					Fracionamento de carboidratos (% , CHT)		
	A	B_1	B_2	B_3	C	$A + B_1$	B_2	C
<i>Stylosanthes guianensis</i>	3.4	10.8	71.0	9.8	5.0	33.7	33.7	32.7
<i>Glyricidia sepium</i>	20.6	8.7	57.0	6.4	7.3	38.2	19.4	42.5
<i>Leucaena leucocephala</i>	28.6	6.9	50.3	5.4	8.8	33.9	14.9	51.3
<i>Cratylia argentea</i>	13.4	5.7	62.9	8.7	9.3	19.0	23.0	58.1
<i>Morus alba</i>	23.7	11.5	45.8	11.3	7.8	38.9	39.3	21.8
<i>Cynodon</i> sp. cv. Tifton 85	27.8	13.3	47.0	6.3	5.3	7.7	75.6	16.7
<i>Brachiaria decumbens</i>	34.1	11.3	49.6	1.7	3.3	25.4	64.7	11.9

A = Compostos nitrogenados não-protéicos

B_1 = Fração de proteínas solúveis e rapidamente degradadas no rúmen

B_2 = Frações de proteínas insolúveis com taxas de degradação intermediária

B_3 = Frações de proteínas insolúveis com taxas de degradação lenta.

C = Fração de proteínas insolúveis e não-digeríveis no rúmen e no intestino.

Com relação à fração C, indigestível, a cratília apresentou maior teor do que as demais.

Nessas leguminosas (gliricídia, leucena e cratília) foram observados valores para a fração C dos carboidratos entre 42.5% e 58.1%. Essa variação confere diferenças importantes entre as espécies, uma vez que resulta em maior ou menor digestibilidade dos carboidratos. Mesmo apresentando baixos valores de FDN, as leguminosas arbóreas e arbustivas apresentaram elevados valores para a fração C. Provavelmente, isso está relacionado aos altos teores de lignina na parede celular dessas espécies. Esta observação se confirma com os resultados observados para cratília, que apresentou maior teor de lignina e fração C, e menor digestibilidade que as demais forrageiras.

Quando se compararam as gramíneas, observaram-se que as somas das frações nitrogenadas A + B, do capim cv. Tifton 85 e do capim-braquiária foram de 41.1% e 45.4%, respectivamente. Estes valores foram maiores do que os determinados por Malafaia (1997). Este autor relata valores de 20% e 36.8%, respectivamente, para o capim cv. Tifton 85 e capim-braquiária. Esta diferença deve-se, provavelmente, à diferença de idade das gramíneas no momento da colheita. No presente estudo, as gramíneas foram amostradas com 40 dias pós-pastejo, enquanto no trabalho de Malafaia (1997) as mesmas apresentavam 60 dias de idade de rebrota. O efeito da idade é realçado quando se observa os valores da fração C. Neste estudo (Tabela 2), esta fração correspondeu a 5.3% e 3.3%, respectivamente para capim cv. Tifton 85 e capim-braquiária, enquanto que Malafaia (1997) reportou valores de 16.9% e 11.7% para a fração indigestível para as duas gramíneas, respectivamente.

O capim cv. Tifton 85 apresentou soma das frações de carboidratos A + B, de 7.7% e teor da fração C de 16.7%, enquanto os valores obtidos para o capim-braquiária foram de 23.4% e 11.9%, respectivamente. Entretanto, a DIVMS foi semelhante entre as gramíneas.

Amoreira apresentou soma das frações nitrogenadas A + B, de 35.2% (Tabela 2), semelhante aos resultados observados para a leucena. Entretanto, sua fração C (7.8%) foi menor que a observada para as leguminosas. Referente à fração de carboidratos, a soma das frações A + B, (38.9%) foi semelhante à observada para a gliricídia (38.2%), enquanto que a fração C (21.8%) foi menor que de todas as leguminosas. Estes resultados confirmam o alto potencial forrageiro da *M. Alba* (Morácea).

Conclusões

Gliricídia e amoreira apresentam os melhores resultados em quanto ao valor nutritivo da forragem, leucena apresentou valores intermediários e cratília valores mais baixos.

As gramíneas capim cv. Tifton 85 (*Cynodon* sp.) e capim-braquiária (*B. decumbens*), apesar de apresentarem diferenças na composição química e nas frações nitrogenadas e carboidratos, apresentam DIVMS semelhantes.

Resumen

Se determinó el valor nutritivo (composición química, DIVMS y fraccionamientos de nitrógeno y carboidratos) de muestras aprovechables (<1 cm de diámetro) de las leguminosas cratília (*Cratylia argentea*), estilosantes (*Stylosanthes guianensis*), leucena (*Leucaena leucocephala*) y gliricídia (*Gliricidia sepium*); de las gramíneas *Brachiaria decumbens* y *Cynodon* sp. cv. Tifton 85; y de *Morus alba* (Moraceae) recolectadas durante la época seca en el sudeste de Brasil. Las especies de leguminosas arbóreas y arbustivas tenían por lo menos 4 años de edad y las herbáceas 40 días de rebrote. La DIVMS fue mayor en gliricídia (60.5%) y en *M. alba* (60%), seguidas por leucena (56.2%), *Cynodon* sp. cv. Tifton 85 (55.7%), braquiaria (52.7%), estilosantes (52.5%) y cratília (48.3%). La suma de las fracciones A + B, (rápidamente disponibles) variaron entre 14.2% y 45.4% para nitrógeno y entre 7.7% y 39% para los carboidratos totales. La fracción C no digerible varió entre 3.3% y 9.3% (nitrógeno) y entre 11.9% y 58.1% (carboidratos totales). Se concluye que las especies evaluadas, especialmente *gliricidia* y *M. alba*, son alternativas posibles para mejorar la dieta animal en sistemas silvopastoriles.

Summary

Usable samples (< 1 cm in diameter) of the legumes *Cratylia argentea*, *Stylosanthes guianensis*, *Leucaena leucocephala*, and *Gliricidia sepium*; the grasses *Brachiaria decumbens* and *Cynodon* sp. cv. Tifton 85; and *Morus alba* (Moraceae) were collected during the dry season in southeastern Brazil, and their nutritive value (chemical composition, DIVMS, and nitrogen and carbohydrate fractions) determined. Tree and shrub legume species were at least 4 years old and grasses had 40 days of regrowth. The IVDMD was higher in *G. sepium* (60.5%) and *M. alba* (60%), followed by *L. leucocephala* (56.2%), *Cynodon* sp. cv. Tifton 85 (55.7%), *B. decumbens* (52.7%), *S. guianensis* (52.5%), and *C. argentea* (48.3%). The total of the

A + B₁ (easily available) fractions ranged between 14.2% and 45.4% for nitrogen and between 7.7% and 39% for total carbohydrates. The undigestible C fraction varied between 3.3% and 9.3% for nitrogen and between 11.9% and 58.1% for total carbohydrates. The evaluated species, especially *G. sepium* and *M. alba*, are possible alternatives to improve the animal diet in silvopastoral systems.

Referências

- AOAC (Official methods of analysis). 15 ed. Richmond. 1298 p.
- Benavides, J. E. 2000. La morera un forraje de alto valor nutricional para la alimentación animal en el trópico. Pastos y Forajes 23(1):1-14.
- Carvalho, M. M. 2001. Contribuição dos sistemas silvipastoris para a sustentabilidade da atividade leiteira. En: Simpósio sobre sustentabilidade de sistemas de produção de leite a pasto e em confinamento. Juiz de Fora, Anais. Juiz de Fora. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Gado de Leite). p. 85-108.
- Hill, G. M.; Gates, R. N.; e West, J. W. 1998. Pesquisa com capim bermuda cv. Tifton 85 em ensaios de pastejo e de digestibilidade de feno com bovinos. En: Simpósio sobre Manejo de Pastagem. 15. Anais. Piracicaba, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ). p. 7-22.
- Jingura, R. M.; Sibanda, S.; e Hamudikuwanda, H. 2001. Yield and nutritive value of tropical forage legumes grown in semi-arid parts of Zimbabwe. Trop. Grassl. 35:168-174.
- Kexian, Y.; Lascano, C. E.; Kerridge, P. C.; e Avila, P. 1998. The effect of three tropical shrubs legumes on intake rate and acceptability by small ruminants. Pasturas Tropicales 20(3):31-35.
- Krishnamoorthy, U.; Muscato, T. V.; Sniffen, C. J.; e Van Soest, P. J. 1982. Nitrogen fraction in selected feedstuffs. J. Dairy Sci. 65:217-225.
- Lascano, C. E.; Maass, B.; e Keller-Grein, G. 1995. Forage quality of shrub legumes evaluated in acid soils. En: Workshop Nitrogen Fixing Trees for Acid Soils. 1995, Turrialba. Proceedings. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). p. 228-236.
- Licitra, G.; Hernández, T. M.; e Van Soest, P. J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fraction of ruminants feeds. Anim. Feed Sci. Techn. 57:347-358.
- Malafaia, P. A. 1997. Taxas de digestão das frações protéicas e de carboidratos de alimentos por técnicas in situ, in vitro e de produção de gases. Viçosa, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa (UFV). 85 p..
- Mochiutti, S. e Kass, M. 2000. Composição química e degradabilidade da forragem de seis genótipos de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. En: 37 Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000, Viçosa. Anais. Sociedade Brasileira de Zootecnia (SBZ). CD-ROM. Forragicultura.
- Murgueitio, E. 2000. Sistemas agroflorestales para la producción ganadera en Colombia. En: Pomareda C. y Steinfeld, H. (eds.). Intensificación de la ganadería en Centroamérica, Beneficios económicos y ambientales. San José, Costa Rica: CATIE/FAO/SIDE. p. 219-242.
- Saavedra, C. E.; Rodrigues, N. M.; e Sousa Costa, N. M. 1987. Producción de forraje, valor nutritivo y consumo de *Leucaena leucocephala*. Pasturas Tropicales 9(2):6-10.
- Sniffen, C. J.; O'Connor, J. D., Van Soest, P. J. et al. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. 2. Carbohydrate and protein availability. J. Anim. Sci. 70:3562-3577.
- Tilley, J. M. e Terry, R. A. 1963. Two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. British Grassl. Soc. 18:104-111.
- Van Soest, P. J.; Robertson, J. B.; e Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.
- Xavier, D. F.; Carvalho, M. M.; e Botrel, M. A. 1990. Curva de crescimento e acumulação de proteína bruta da leguminosa *Cratylia floribunda*. Pasturas Tropicales 12(1). 35-39.

Composição química, digestibilidade e fracionamento do nitrogênio e dos carboidratos de leguminosas arbóreas

J. da C. Carneiro*, L. J. Magalhães Aroeira*, D. S. Campos Paciullo**, D. F. Xavier*, M. J. Alvim* e R. M. Maurício***

Introdução

A baixa produtividade das forrageiras usadas para pastejo no Brasil constitui uma das principais limitações à produção de bovinos. Uma opção viável para superar o problema, principalmente em áreas declivosas e solos de baixa fertilidade consiste na integração de pastagens com árvores, denominados sistemas silvipastoris.

A inclusão de árvores em pastagens de gramíneas pode trazer consequências positivas para o ecossistema dessas pastagens, entre elas, controle da erosão, melhoramento no aproveitamento da água das chuvas e maior disponibilidade de proteína bruta (PB). Além disso, algumas espécies arbóreas podem ter participação significativa na dieta dos animais, podendo aumentar a oferta de forragem ao longo do ano (Carvalho, 2001). Outra vantagem dessas espécies é a menor variação estacional no seu valor nutritivo, em comparação com as gramíneas forrageiras (Klusmann, 1988).

Trabalhos desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Gado de Leite) têm indicado as espécies de leguminosas arbóreas *Acacia angustissima*, *A. auriculiformis*, *A. mangium* e *Mimosa arthemisia* com potencial para sistemas silvipastoris nas áreas montanhosas da região sudeste do Brasil (Carvalho, 2001).

O conhecimento do valor nutritivo de espécies arbóreas ainda é restrito. Por essa razão, fazem-se necessários estudos detalhados sobre a cinética de fermentação das forrageiras empregadas na alimentação de ruminantes e sua aplicabilidade em sistemas nutricionais dinâmicos (Sniffen et al., 1992). É condição indispensável o conhecimento do fracionamento dos componentes nitrogenados, bem como o de carboidratos para a operação desses sistemas (Malafaia, 1997).

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a composição química, a digestibilidade *in vitro* e o fracionamento dos componentes nitrogenados e dos carboidratos das leguminosas exóticas arbóreas *A. mangium*, *A. angustissima*, *A. auriculiformis* e a leguminosa arbórea nativa *M. arthemisia*.

Materiais e métodos

As avaliações foram desenvolvidas na Embrapa-Gado de Leite com amostras colhidas em maio de 2000, início da época seca na região sudeste do Brasil, caracterizado como o período de escassez de alimentos para os animais mantidos em regime de pasto. As amostras das espécies foram obtidas manualmente, usando-se como critério para colheita partes das plantas potencialmente consumidas pelo animal: folhas e ramos com menos de 1 cm de diâmetro. No momento da colheita estas espécies apresentavam pelo menos 4 anos de idade. Quanto à fase fenológica, as plantas *A. mangium* e *A. angustissima* estavam em frutificação, já *A. auriculiformis* e *M. arthemisia* na fase vegetativa.

Após da colheita foram secas (55 °C por 72 h), moídas e analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e cinzas (AOAC, 1990). Os teores de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), celulose e lignina foram analisados segundo metodologia

* Pesquisador da Embrapa Gado de Leite – Rua Eugênio do Nascimento, 610, Juiz de Fora – MG – 36038-330.

laroeira@cnpq.embrapa.br, jailton@cnpq.embrapa.br, alvim@cnpq.embrapa.br, dfxavier@cnpq.embrapa.br

** Bolsista Recém-doutor do CNPq – Embrapa Gado de Leite – dscp@terra.com.br

*** Pesquisador da Fundação Ezequiel Dias – FUNED – Rua Conde Pereira Carneiro, 80 – Belo Horizonte – 30510-010 – rmmfuned@funed.mg.gov.br

proposta por Van Soest et al. (1991) e a digestibilidade in vitro da MS (DIVMS) de acordo com Tilley e Terry (1963).

O componente nitrogenado foi subdividido em fração, constituído de compostos nitrogenados não-protéicos (A), fração de proteínas solúveis e rapidamente degradadas no rúmen (B_1), frações de proteínas insolúveis com taxas de degradação intermediária (B_2) e lenta (B_3), e fração de proteínas insolúveis e não-digeríveis no rúmen e no intestino (C).

A fração A foi obtida pelo tratamento da amostra (0.5 g) com 50 ml de água destilada por 30 min e subsequente adição de 10 ml de ácido tricloracético (TCA) a 10%, durante 30 min (Krishnamoorthy et al., 1982). Após a filtragem em papel Whatman, o resíduo de nitrogênio foi determinado. A fração de nitrogênio não protéico (A) foi calculada subtraindo o nitrogênio residual do nitrogênio total. O nitrogênio solúvel total foi determinado após 3 h de incubação da amostra (0.5 g) em 50 ml de solução tampão borato-fosfato com 1 ml de solução azida sódica. Após a filtragem em papel Whatman no. 54 foi determinado o nitrogênio no resíduo. A fração B_1 foi determinada pela diferença entre a proteína insolúvel após o tratamento com TCA e o nitrogênio residual insolúvel no tampão borato-fosfato. A fração B_3 foi determinada pela diferença entre o nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o insolúvel em detergente ácido (NIDA). A fração C representa o nitrogênio insolúvel em detergente ácido. A fração B_2 foi determinada pela diferença entre o nitrogênio total e a soma das frações $A + B_1 + B_3 + C$ (Licitra et al., 1996).

Os carboidratos foram subdivididos nas seguintes frações: A + B_1 (açúcares simples de rápida degradação ruminal + amido e pectina), B_2 (taxa de degradação lenta, correspondendo à porção digestível da parede celular) e C (porção não-digerida no trato gastrointestinal). Para as determinações deste fracionamento, adotaram-se os procedimentos descritos por Sniffen et al. (1992).

A fração C foi obtida pela equação:

$$100 * \text{FDN} (\% \text{MS}) * 0.01 * \text{lignina} (\% \text{FDN}) * 2.4 / \text{CHT} (\% \text{MS})$$

em que, CHT corresponde aos carboidratos totais.

A fração B_2 foi determinada por meio da fórmula:

$$100 * [(\text{FDN} (\% \text{MS}) - \text{PIDN} (\% \text{PB}) * 0.01 * \text{PB} (\% \text{MS})) - (\text{FDN} (\% \text{MS}) * 0.01 * \text{lignina} (\% \text{FDN}) * 2.4)] / \text{CHT} (\% \text{MS})$$

em que, PIDN corresponde à proteína insolúvel em detergente neutro.

As frações de carboidratos com elevadas taxas de degradação ruminal (fração A + B_1) foram determinadas pela diferença entre $100 - (\text{fração C} + B_2)$.

A fração A + B_1 , considerada como carboidratos não-estruturais (CNE), foi obtida pela fórmula:

$$\text{CNE} = \text{MO} - (\text{PB} + \text{EE} + \text{FDNcp})$$

em que, FDNcp constitui a parede celular vegetal isenta de cinzas e de proteínas.

Resultados e discussão

Os dados de composição química e digestibilidade in vitro são apresentados na Tabela 1. Os teores de FDN variaram de 45.4% a 57.7% e os de FDA de 30% a 42.5%. *Acacia mangium* e *A. auriculiformis* apresentaram valores maiores e semelhantes de FDA e FDN, enquanto *A. angustissima* apresentou os menores valores. Estes valores são semelhantes aos obtidos por Jiménez Ferrer et al. (2001). O teor de lignina de *A. angustissima* foi, aproximadamente, 40% menor que os da *A. mangium* e *A. Auriculiformis*, e 25% menor que o da *M. arthemisia*. Isto poderia ser indicativo de maior digestibilidade desta espécie em relação às demais, considerando a relação negativa entre lignificação e digestibilidade (Paciullo et al., 2001). Entretanto, o teor de lignina da *A. angustissima* (13.9%) pode ser considerado elevado, podendo limitar a DIVMS dessa espécie. Isto foi confirmado pelo baixo coeficiente de DIVMS de *A. angustissima*, que foi semelhante aos das demais espécies. Os teores de PB variaram de 16.2% a 23.6%, sendo considerados elevados quando comparados aos valores observados para a maioria das espécies forrageiras.

Acacia angustissima apresentou os maiores valores dos componentes nitrogenados A + B_1 (21.8% de PB) quando comparados com os das demais espécies (4.6%, 10.6% e 10.1% para *A. mangium*, *A. auriculiformis* e *M. Arthemisia*, respectivamente). Entretanto observa-se que a fração C (nitrogênio indigestível) foi semelhante para as espécies avaliadas (Tabela 2).

Quanto ao fracionamento de carboidratos, observa-se que *A. angustissima* apresentou maiores valores das frações A + B_1 , quando comparada com as demais, entretanto o valor de C foi inferior. Porém, ao comparar os valores de DIVMS, não foram observadas diferenças entre as espécies. Provavelmente, isto se deve ao efeito tóxico sobre as bactérias celulolíticas causado pelo aminoácido diaminobutanóico, presente em *A. angustissima* e ou pelo efeito dos taninos (Odenyo et al., 1997).

Tabela 1. Composição química (%) e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS, %) de leguminosas arbóreas. Região sudeste do Brasil

Espécie	MS	FDN	FDA	Celulose	Lignina	DIVMS	PB	EE
<i>A. mangium</i>	32.2	54.8	42.5	15.7	24.9	21.1	16.6	3.9
<i>A. angustissima</i>	36.4	45.4	30.0	13.2	13.9	22.0	23.6	1.6
<i>A. auriculiformis</i>	36.0	57.7	42.3	17.6	23.7	21.0	16.2	3.1
<i>M. arthemisia</i>	43.7	52.1	34.4	16.1	18.6	14.6	20.6	1.4

MS = Matéria seca, FDN = Fibra em detergente neutro, FDA = Fibra em detergente ácido; PB = Proteína bruta, EE = extrato etéreo.

Tabela 2. Fracionamento dos componentes nitrogenados e dos carboidratos de leguminosas arbóreas em um sistema silvopastoril. Região sudeste do Brasil.

Espécie	Fracionamento (% da PB)					Fracionamento carboidratos (% carboidratos totais)		
	A	B ₁	B ₂	B ₃	C	A + B ₁	B ₂	C
<i>A. mangium</i>	4.5	0.1	73.8	6.0	15.6	31.53	-10.3	78.80
<i>A. angustissima</i>	17.5	4.3	58.8	7.8	11.6	40.04	12.0	47.94
<i>A. auriculiformis</i>	7.1	3.5	69.7	4.9	14.8	28.15	-2.3	74.12
<i>M. arthemisia</i>	8.0	2.1	69.8	7.0	13.1	34.72	11.6	53.63

A = Compostos nitrogenados não-protéicos

B₁ = Fração de proteínas solúveis e rapidamente degradadas no rúmen

B₂ = Frações de proteínas insolúveis com taxas de degradação intermediária

B₃ = Frações de proteínas insolúveis com taxas de degradação lenta.

C = Fração de proteínas insolúveis e não-digeríveis no rúmen e no intestino.

Os baixos valores de DIVMS estão relacionados aos altos teores da fração C determinada em todas as espécies estudadas (47.9% a 78.8%) quando comparadas com gramíneas e leguminosas forrageiras determinadas por Malafaia (1997).

Embora os resultados indiquem o baixo valor nutricional destas espécies, deve-se considerar a importância do estrato arbóreo para o ecossistema (ciclagem de nutrientes, melhor aproveitamento da água das chuvas e controle de erosão) e conforto dos animais (Carvalho, 2001).

Conclusões

As leguminosas *A. angustissima*, *A. auriculiformis*, *A. mangium* e *M. arthemisia* apresentaram baixa qualidade nutricional, caracterizada pelos altos teores de proteína e carboidratos não-digestíveis.

Resumen

En la estación experimental de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Gado de Leite), Brasil, se hizo la caracterización de la calidad nutritiva de las leguminosas arbustivas: *Acacia mangium*, *A.*

angustissima, *A. auriculiformis* y *Mimosa arthemisia* recolectadas durante el inicio de la época seca (mayo-2000) en el sudeste de Brasil. Los análisis de composición química, DIVMS y fraccionamientos de nitrógeno y carboidratos fueron hechos en tejidos aprovechables (< 1 cm de diámetro) en plantas con 4 años de edad. Los valores más altos de fibra en detergente neutro fueron observados para *A. mangium* y *A. auriculiformis*, y los menores para *A. angustissima*. El contenido de lignina de *A. angustissima* (14%) fue aproximadamente 40% menor que el observado para *A. mangium* (25%) y *A. auriculiformis* (24%), y 25% menor que en *M. Arthemisia* (19%). La DIVMS de *A. angustissima* (22%) fue similar a la de *A. mangium* y *A. auriculiformis* y superior que la de *M. arthemisia* (15%). Los contenidos de PC variaron entre 16% y 24%. *Acacia angustissima* mostró los valores más altos de la fracciones de nitrógeno A + B₁ (21.8% PC), mientras que los valores promedios de la fracción de nitrógeno no-digestible fueron semejantes entre las especies evaluadas (3.8%). Los valores más altos de las fracciones A + B₁ (carboidratos no-estructurales) y la fracción C más baja fueron encontrados en *A. angustissima*. Los bajos valores de digestibilidad estuvieron relacionados con los altos contenidos de la

fracción C (nitrógeno no-digestible). Los resultados indican un bajo valor nutritivo de los árboles estudiados.

Summary

The nutritive quality of the tree legumes *Acacia mangium*, *A. angustissima*, *A. auriculiformis*, and *Mimosa arthemisiانا*, collected at the beginning of the dry season (May 2000) in southeastern Brazil was characterized at the Embrapa-Gado de Leite experiment station. Usable tissues (< 1 cm in diameter) of 4-year-old plants were analyzed regarding chemical composition, IVDMD, and nitrogen and carbohydrate fractions. The highest NDF values were observed in *A. mangium* and *A. auriculiformis*, and the lowest in *A. angustissima*. Lignin content in *A. angustissima* (14%) was approximately 40% lower than that observed for *A. mangium* (25%) and *A. auriculiformis* (24%), and 25% less than that of *M. arthemisiانا* (19%). The IVDMD of *A. angustissima* (22%) was similar to that of *A. mangium* and *A. auriculiformis* and higher than that of *M. arthemisiانا* (15%). CP contents ranged between 16% and 24%. *Acacia angustissima* showed the highest A + B₁ nitrogen fractions (21.8% crude protein), whereas the average values of undigestible nitrogen fraction was similar for all species evaluated (3.8%). The highest values of A + B₁ fractions (nonstructural carbohydrates) and the lowest C fraction were found in *A. angustissima*. Low digestibility values were related to high C fraction contents (undigestible nitrogen). Results indicate that the trees included in this study had a low nutritive value.

Referências

- AOAC. 1990. Official methods of analysis, 15 ed. Richmond, 1298 p.
- Carvalho, M. M. 2001. Contribuição dos sistemas silvipastoris para a sustentabilidade da atividade leiteira. En: Anais do Simpósio sobre Sustentabilidade de Sistemas de Produção de Leite a Pasto e em Confinamento. Juiz de Fora, Embrapa-Gado de Leite. p. 85-108.
- Jiménez-Ferrer, G.; Ramirez-Aviles, L.; Kú-Vera, J.; et al. 2001. Nutritive value of fodder trees in the mountains of northern Chiapas, Mexico. En: Second Congress on Agroforestry and Livestock Production in Latin America. 2001. Anais. San José. CATIE/UFRO, 2001. p. 336-340.
- Klusmann, C. 1988. Trees and shrubs for animal production in tropical and subtropical areas. Plant Res. Develop. 27:92-104.
- Krishnamoorthy, U.; Muscato, T. V.; Sniffen, C. J.; e Van Soest, P. J. 1982. Nitrogen fraction in selected feedstuffs. J. Dairy Sci. 65:217-225.
- Licitra, G.; Hernández, T. M.; e Van Soest, P. J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fraction of ruminants feeds. Anim. Feed Sci. Technol. 57:347-358.
- Malafaia, P. A. 1997. Taxas de digestão das frações protéicas e de carboidratos de alimentos por técnicas in situ, in vitro e de produção de gases. Tese Doutorado em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 85 p..
- Odenyo, A. A.; Osuji, P. O.; Karanfil, O. et al. 1997. Microbial evaluation of *Acacia angustissima* as a protein supplement for sheep. Anim. Feed Sci. Technol. 69:99-112.
- Paciullo, D. S.; Gomide, J. A.; Queiroz, D. S. et al. 2001. Correlações entre componentes anatômicos, químicos e digestibilidade in vitro de gramíneas forrageiras. Rev. Brasil. Zoot. 30(3):955-963.
- Sniffen, C. J.; O'Connor, J. D.; Van Soest, P. J.; et al. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: 2. Carbohydrate and protein availability. J. Anim. Sci. 70:3562-3577.
- Tilley, J. M. e Terry, R. A. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Brit. Grassl. Soci. 18:104-111.
- Van Soest, P. J.; Robertson, J. B.; e Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.

Devolution rates of grass by *Atta capiguara* (Hymenoptera, Formicidae) in field conditions

J. F. S. Lopes*, L. C. Forti*, M. A. C. Boaretto**, R. S. Camargo*, A. P. P. Andrade*, V. M. Ramos*, and N. S. Nagamoto*

Introduction

The leaf-cutting ants are a major problem in agriculture and forest plantations, despite the efforts of industries and researcher to develop strategies and effective products for controlling these insects.

There are several biological, behavioral and ecological particularities that guarantee the leaf-cutting ants great success in the exploration of the resources planted by the man. The term leaf-cutting ants include the genera *Atta* and *Acromyrmex*, known in Brazil as 'saúvas' and 'quenquéns', respectively. They belong to the tribe Attini, the only group of ants that developed the ability to cultivate a fungus garden, the primary source of food of the larvae (Littledyke and Cherret, 1976). Thus, the leaves cut by those ants are used as a substrate for the culture of a specific fungus, which is a very complex process of cultivation involving a great number of individuals, potentially reaching a million in a single colony. This characteristic behavior differentiates the leaf-cutting ants from other species, because this fungus garden is used as an energy basis for offspring production (Littledyke and Cherret, 1976).

Of the ten *Atta* species that occur in Brazil, at least five are of great economic importance. One of them, *Atta capiguara* (Gonçalves) - (saúva-parda) - stands out for the fact that they cut grasses and sugarcane almost exclusively and present a great colonization capacity (Forti, 1985). Although they cut grasses,

they present clear preferences for certain species. Vitório (1996) studying the selectiveness of *A. capiguara* for grasses, in field conditions, obtained the following decreasing order of acceptance: *Hyparrhenia rufa*, *Paspalum notatum* cv. Common, *Andropogon gayanus* cv. Planaltina, *P. notatum* cv. Pensacola, *Brachiaria decumbens*, *Cynodon dactylon* cv. Coast Cross, *B. brizantha*, *B. humidicula* and *Melinis minutiflora*. Also, according to the author, the grasses with low oil and wax contents, absence of crystals in the vascular bunch and with larger mesophyll area was preferred by *A. capiguara*. Lapointe et al. (1996) studying resistance of grasses to *Acromyrmex landolti* (Forel), determined different growth rates of the symbiotic fungus, when extracts of those which presented resistance in the field were included in the fungus culture. Extracts of *B. decumbens*, *B. brizantha* and *B. humidicula* had inhibitory effects on fungus growth.

Several factors affect the plant selection for the leaf-cutting ants. The anatomical, biochemical and physiologic characteristics of the different plants species appear to be related to their acceptance or rejection by the leaf-cutting ants. Prominent among the chemical factors is the production of secondary metabolites and tannin, whose amounts are related with the age (Swain, 1979), increased hardness, reduced water content and nutritional poverty of the leaf (Scriber and Feeny, 1979; Bowers and Porter, 1981). Physical factors such density, trichome type, leaf thickness, presence of latex and light exhibition are also associated with the refusal rates and substrate selection (Stradling, 1978; Waller, 1982). Nutritional necessities, genetic varieties (Pretto, 1996) and distribution of palatable resources (Forti, 1985) can also influence substrate selection.

In *A. capiguara* field colonies are often observed refusing grass fragments as well as toxic baits used as control method on the mound nests. This fact

* Laboratório de Insetos Sociais Praga, Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Caixa Postal 237, CEP 19603-970, Botucatu, SP, Brasil.

** Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, Caixa Postal 95, CEP 45083-900, Vitória da Conquista, BA, Brasil.

leads to several questions about the selection process of fungus substrate, in the sense that selection happens at the moment of cutting and transport; yet there may also exist a second moment of selection inside the nest when the substrate is incorporated in the fungus garden.

Thus, the objective of the present study was to determine the devolution rates of some grass species for which *A. capiguara* presents a well-known behavior of selectiveness in the attempt of obtaining subsidies for a better understanding of the foraging behavior of this leaf-cutting ant species.

Material and methods

The experiment was done in a grassland near of Fazenda Experimental Lageado -FCA/UNESP, Botucatu, SP, in July 1997. Four colonies of *A. capiguara* were selected and marked and, in each one, was assigned to one provisioning hole presenting high foraging activity. In each selected hole were placed pieces of plastic tubes of approximately 0.5 cm in length, previously prepared with orange juice (1000 ml) and sugar (1000 g) solution and dehydrated pulp citric (2000 g), as external coating to increase the attractiveness of the material. The objective of this procedure was to verify if the selected holes really belonged to the marked colonies, as well as to verify the places where the evaluations would be accomplished. After 24 hours of the artificial pellet offering, the colonies were observed for devolution of the pellets and then mapped (Fowler et al., 1993).

The grass species used were the following ones: *Hiparrhenia rufa* (Ness) Stapf, *Paspalum notatum* Flügge, *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickardt, *Brachiaria decumbens* Stapf, *Brachiaria brizantha* (Hosh ex A. Rich) Stapf and *Saccharum officinarum* L. In addition, bait pellets without active ingredient were included as another treatment. Young leaves (not completely developed) of the mentioned species were cut in fragments of approximately 1 cm in length. The

fragments were cut into various forms for differentiation of the species in the moment of the evaluations.

One hundred (100) fragments of each treatment were offered, only once, about 20 cm from the provisioning hole, beside the trail, for each colony. The evaluations were accomplished 24 and 48 hours after the fragments offering, with soil of the mound of each colony collected separately. In the laboratory, the soil was submitted to sifting with the separated plant fragments placed in Petri dishes with water (20 ml) for hydration, providing a more precise identification of their forms and, therefore, of the refused grass species. The obtained data were transformed in $(x + 0.5)^{1/2}$ and submitted to variance analysis, with the means compared by the Tukey test (5%).

Results and discussion

Four hours after the offering, it was verified that all the grass fragments had been carried inside the nests, so that rejection was not verified for any treatment. On the basis of the data obtained (Table 1), in the two evaluations (24 and 48 hours), most of the fragments were refused 24 hours after the offering of the treatments. The variance analysis, accomplished with the accumulated data and transformed in $(x + 0.5)^{1/2}$ indicated highly significant differences among the treatments. The analysis of the Table 2 reveals that the *Brachiaria* species presented, on the average, the largest devolution rates, although *B. humidicola* did not differ statistically from the other treatments. The other treatments were similar to each other, with null refund rates (*S. officinarum* and bait pellets) or statistically similar to zero (*P. notatum* and *H. rufa*).

These results showed a possible second moment of substrate selection by *A. capiguara* that probably occurs inside the nest, before its incorporation in the fungus garden.

The *Brachiaria* species used in the present work are considered resistant to the attack of the ant *A.*

Table 1. Accumulated number of grass fragments and baits with no active ingredient refused in *Atta capiguara* colonies, after 48 hours. Botucatu-SP, Brasil, 1997.

Treatments	Colony 1	Colony 2	Colony 3	Colony 4
<i>B. brizantha</i>	3	6	7	17
<i>P. notatum</i>	0	0	0	1
<i>B. humidicola</i>	4	0	4	5
<i>B. decumbens</i>	0	7	18	23
<i>H. rufa</i>	1	0	0	1
<i>S. officinarum</i>	0	0	0	0
Pellets	0	0	0	0

Table 2. Devolution mean rate (%) of grass fragments and bait pellets with no active ingredient, in four mature colonies of *Atta capiguara*, in field conditions. Botucatu-SP, Brasil, 1997.

Treatments	Devolution mean rate ^a (%)
<i>B. decumbens</i>	12.00 a*
<i>B. brizantha</i>	8.25 a
<i>B. humidicola</i>	3.25 ab
<i>H. rufa</i>	0.50 b
<i>P. notatum</i>	0.25 b
<i>S. officinarum</i>	0.00 b
Pellets	0.00 b

a. CV = 48.99%

Tukey test DMS (5%) = 1.8016

* Different letters after devolution mean rate values show a significant difference according to the Tukey test $P < 0.05$

landolti, with the resistance mechanism related to the inhibitory growth effect of the respective fungus garden (Lapointe et al., 1996).

In colonies of *Atta sexdens rubropilosa* Forel, as soon as the leaf fragments were taken inside the nest by the forager, several workers started a preparation process before plant incorporation into the fungus garden. Initially the leaves are licked and cut in very small fragments. At the same time, other workers transported these fragments up to the surface of the fungus culture. Subsequently, the fragments were shredded into progressively smaller pieces until they were quite small, when a new stage started, i.e., chewing of the entire borders of these fragments, which induced softening and moistening by sap exudation. The final step was the introduction of these substrates in the outermost region of the fungus culture (Andrade et al., 2002).

In young laboratory colonies of *A. capiguara*, the same procedure occurs with some differences regarding the larger size of the incorporated vegetable fragments. The beginning of the substrate preparation process, when the ants have a more direct contact with the chemical substances present in the plant, probably is the time of distinction between appropriate or inappropriate substrates for a fungus garden. On the other hand, the final disposition of the loaded and unreturned material is not known, and may have been incorporated or discarded in the garbage chambers.

New studies could aid in the comprehension of those aspects.

When pellets of citric pulp are applied in recommended dosages in order to the control this species, it is common to verify return of the same ones in the mound nests to the provisioning holes. In the present experiment, there was no return of bait pellets without active ingredient, probably because amount used (100 units/colony) was much lower than the recommended commercial dosage. The hypothesis that the absence of toxin could have influenced the result can be discarded since Andrade (1997) did not detect that *A. sexdens* workers learned about the undesirable effects of toxicant substances administered in sub-dosages.

Finally, in the conditions in which the present study was developed, we may concluded that substrates selection for *A. capiguara* also happens inside the nest, and that the transporting certain substrates inside the colony does not necessarily imply its incorporation into fungus garden.

Acknowledgements

L.C. Forti gratefully acknowledge the support of the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) of Brazil (Grant: 306504/88-0).

Resumen

En julio de 1997 en la estación experimental Lageado de la Universidad Estatal Paulista, en Botucatu, SP, Brasil, se realizó un trabajo de campo para observar el rechazo de hojas de varias gramíneas, desde el interior de colonias de hormigas. Se escogieron cuatro colonias de *Atta capiguara* en las cuales se colocaron, a 20 cm de distancia, a disposición 100 fragmentos de hojas de *Hiparrhenia rufa* (Ness) Stapf, *Paspalum notatum* Flüggé, *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickhardt, *Brachiaria decumbens* Stapf, *Brachiaria brizantha* (Hosh ex A Rich) Stapf y *Saccharum officinarum* L. Adicionalmente se colocaron cebos en forma de peletes. Las observaciones del rechazo se hicieron a las 24 y 48 horas en las entradas de cada colonia. Se encontró un rechazo diferencial de las gramíneas por la hormiga, siendo mayor en *B. decumbens* y *B. brizantha*, lo que explica la tolerancia relativamente alta de estas especies a la plaga, y una alta preferencia por *P. notatum* y *S. officinarum*.

References

- Andrade, A. P. 1997. Comportamento forrageiro e aprendizado de operárias de *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera, Formicidae) em condições de campo e laboratório. MSc. Thesis, Universidade Estadual Paulista, Brasil.
- _____; Forti, L. C.; Moreira, A. A.; Boaretto, M. A.; Ramos, V. M.; and Matos, C. A. 2002. Behavior of *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) workers during the preparation of the leaf substrate for symbiont fungus culture. *Sociobiology* 40:293-306.
- Bowers, M. A. and Porter, S. D. 1981. Effect of foraging distance on water content of substrates harvested by *Atta colombica* (Guerin). *Ecol.* 62:273-275.
- Forti, L. C. 1985. Ecologia da saúva *Atta capiguara* Gonçalves, 1944 (Hymenoptera: Formicidae) em pastagem. Ph.D. Thesis, Universidade de São Paulo, Brasil.
- Fowler, H. G.; Scindwein, M. N.; Schlitter, F. E.; and Forti, L. C. 1993. A simple method for determining location of foraging ant nests using leaf cutting ants as a model. *J. Appl. Entom.* 116:420-422.
- Lapointe, S. L.; Serrano, M. S.; and Corrales, I. J. 1996. Resistance to leafcutter ants (Hymenoptera: Formicidae) and inhibition of their fungal symbiont by tropical forage grasses. *J. Econ. Entom.* 3:757-765.
- Littledyke, M. and Cherret, J. M. 1976. Variability in the selection of substrate by the leaf-cutting ants *Atta cephalotes* (L.) and *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Formicidae, Attini). *Bull. Entom. Res.* 65:33-47.
- Pretto, D. R. 1996. Arquitetura dos túneis de forrageamento e do ninho de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, (Hymenoptera, Formicidae), dispersão do substrato e dinâmica do inseticida na colônia. MSc. Thesis, Universidade Estadual Paulista, Brasil.
- Scriber, J. M. and Feeny, P. P. 1979. Growth of herbivorous caterpillars in relation to feeding specialization and to the growth form to their food plants. *Ecol.* 60:829-850.
- Stradling, D. L. 1978. The influence of size on foraging in the ant *Atta cephalotes* and the effect of some plant defence mechanisms. *J. Anim. Ecol.* 47:173-178.
- Swain, T. 1979. Tannins and lignins. In: Rosenthal, G. A and Janzen, D. P. (eds.). *Herbivore: their interactions with secondary plant metabolite*. Academic Press, Nueva York. P. 657-682.
- Vitório, A. C. 1996. Avaliação da seletividade de *Atta capiguara* Gonçalves, 1944 (Hymenoptera, Formicidae) por diferentes gramíneas forrageiras. MSc. Thesis, Universidade Estadual Paulista, Brasil.
- Waller, D. A. 1982. Leaf-cutting ants and avoided plants: Defences against *Atta texana* attack. *Oecol.* 52:400-403.

Impacto económico potencial de la investigación en forrajeras tropicales para la Orinoquia colombiana

(Convenio MADR – CIAT)*

A continuación se presenta un resumen sobre el impacto económico potencial del uso de nuevos cultivares y materiales forrajeros en las explotaciones ganaderas de la Orinoquia colombiana. Los resultados son el producto de la investigación adelantada entre 1994 y 2001 dentro del convenio de cooperación técnica y científica suscrito entre el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) de Colombia y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Los beneficios económicos se calculan para un horizonte de tiempo de 10 años (2002 – 2011). Para la simulación de la adopción de los nuevos materiales forrajeros se utiliza un modelo logístico, que asume porcentajes muy bajos de dicha adopción en las fases iniciales, con el fin de elaborar estimaciones ajustadas a la actual realidad nacional. Se adoptaron supuestos conservadores en relación con la magnitud de las áreas de impacto y los niveles de productividad de los nuevos materiales (Cuadro 1).

La conclusión principal de este estudio indica que la inversión de fondos públicos nacionales conjuntamente con fondos internacionales para la modernización de la ganadería en la Orinoquia de Colombia es altamente rentable para el país, ya que la relación beneficio-costeo de la inversión es muy alta y puede estar en el rango 20-30 a 1. Las estimaciones muestran que la inversión efectuada a través del Convenio MADR-CIAT para investigación en forrajeras genera un flujo de beneficios anuales, que expresado en dólares americanos de 2002, tiene un valor presente aproximado de US\$189 millones, equivalente

a un flujo anual de US\$31 millones (Cuadro 2). En el Piedemonte se contabiliza el 85% de los beneficios totales vs. 15% en la Altillanura. El sistema de producción doble propósito (carne y leche) genera un valor adicional de la producción de US\$112 millones, mientras que las actividades de engorde de vacunos generan beneficios por US\$77 millones.

Nuevos productos tecnológicos (1994-2003)

Variedades disponibles y en proceso de liberación

El trabajo coordinado de las entidades involucradas en el Convenio permitió en 2002 la liberación de nuevos cultivares de gramíneas forrajeras y leguminosas de usos múltiples para beneficio de productores de Colombia. Entre ellos se destacan los siguientes:

***Brachiaria brizantha* CIAT 26110 cv. Toledo.** Se adapta bien en sitios con suelos de mediana fertilidad y precipitación superior a 1600 mm por año, donde produce rendimientos anuales de forraje cercanos a 30 t/ha de MS, siendo superiores a los de otros cultivares de *Brachiaria*. Estos altos rendimientos de forraje permiten utilizar cargas animales superiores a 2.5 UA/ha con una frecuencia de pastoreo entre 14 y 21 días en la época de lluvias y producciones de leche de 8.5 kg/día con vacas de Holstein y Holstein-Cebú.

***Cratylia argentea* cv. Veranera.** Este cultivar es una leguminosa arbustiva que ha sido evaluada ampliamente en diferentes ecosistemas de Colombia. Tiene, entre otras ventajas, las siguientes: (1) presenta una alta retención foliar, particularmente de hojas jóvenes y buena capacidad de rebrote durante la época seca; (2) en estado fresco es una buena alternativa para la alimentación de vacas en producción; (3) en condiciones de trópico subhúmedo

* FUENTE: Rivas, L. y Lascano, C. 2002. Impacto económico potencial y resultados de la investigación en forrajeras tropicales para la Orinoquia colombiana. Convenio MADR-CIAT. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) de Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 10 p.

Cuadro 1. Productividad esperada con materiales forrajeros disponibles y en estado avanzado de evaluación para el Piedemonte y la Altillanura de Colombia. Convenio MADR-CIAT. 1994-2001.

Accesión o cultivar	Ecosistema	Productividad esperada/año por sistema			Area potencial de impacto según sistema (x10 ³ ha)		Período de difusión años
		Ceba	Doble propósito		Carne	Doble propósito	
		Carne (kg/ha)	Carne (kg/ha)	Leche (kg/ha)			
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Toledo	Piedemonte	400	300	2000	200	250	10
<i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 26124	Altillanura	—	—	—	—	—	—
CIAT 26556		250	—	—	500	—	—
CIAT 26318		250	—	—	500	—	—
<i>Cratylia argentea</i> cv Veranera	Piedemonte	—	—	1200	—	100	10
<i>Arachis pintoi</i> 18744	Piedemonte	500	350	3000	80	100	10
<i>Desmodium ovalifolium</i> cv Maquenque	Altillanura	200	—	—	100	—	15

Cuadro 2. Impacto económico por el uso de nuevas opciones forrajeras producidas en el Convenio MADR-CIAT. 1994 - 2001.

Opciones	Ecosistema	Valor presente de la producción adicional ^a (US\$ millones)		
		Sistema de producción		
		Ceba	Doble propósito	Total
Nuevas brachiarias: (CIAT no.) 26124, 26556 y 26318	Altillanura	21.6	—	21.6
<i>B. brizantha</i> cv Toledo	Piedemonte	29.1	53.5	82.6
<i>Cratylia argentea</i> cv. Veranera	Piedemonte	—	7.4	7.4
<i>Arachis pintoi</i> CIAT 18744	Piedemonte	19.8	50.9	70.7
<i>D. ovalifolium</i> CIAT 13651 cv Maquenque	Altillanura	6.4	—	6.4
Total beneficios del Proyecto VP (i=10%)	Orinoquia	76.9	111.8	188.7
Anualidad		12.5	18.2	30.7

a. Se refiere al aumento de producción que se origina por el empleo de las nuevas pasturas.

se puede utilizar para la elaboración de ensilaje; y (4) sustituir el uso de concentrados comerciales en vacas lecheras de mediana producción.

***Desmodium heterocarpon* subsp. *ovalifolium* cv.**

Maquenque: Es una leguminosa de uso múltiple que tiene una excelente tolerancia a la sombra y buena cobertura del suelo en plantaciones de caucho y palma aceitera con un menor costo de establecimiento y manejo en comparación con el tradicional uso de kudzu. Se adapta bien a un amplio rango de sitios, localizados entre 0 y 1300 m.s.n.m., con una precipitación anual superior a 2000 mm; no tolera períodos prolongados de sequía.

Forrajeras en estado avanzado dentro del proceso de liberación

Como resultado de las investigaciones en el Convenio, no sólo se han entregado nuevos cultivares sino que

también se tienen otras accesiones en estados avanzados en el proceso de liberación, entre las cuales sobresalen algunos híbridos como *Brachiaria* CIAT 36062 altamente resistente a salivazo y *Brachiaria* CIAT 36061 cv. Mulato con alto potencial productivo en la Altillanura como componente en rotaciones de sistemas agropastoriles.

En el Cuadro 3 se presenta la productividad potencial de las nuevas tecnologías de forrajeras en comparación con la tecnología tradicional, y en la Figura 1 el aumento estimado de carne y leche por el uso de estos nuevos materiales.

Otros productos tecnológicos desarrollados en el Convenio

Las nuevas tecnologías desarrolladas en el Convenio incluyen: (1) Selección por resistencia a salivazo en invernadero y en campo. (2) Selección de variedades

Cuadro 3. Productividad potencial anual de nuevos cultivares y accesiones de forrajeras promisorios para la Altillanura y el Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia vs. una pastura de uso tradicional^a

Tipo de pastura (mejorada vs. tradicional)	Productividad según el sistema de explotación ^b		
	Ceba (kg/ha por año)	Doble propósito	
		Carne (kg/ha por año)	Leche (kg/ha por año)
<i>Brachiaria brizantaha</i> cv. Toledo	400	300	2500
Tradicional	150	78	900
<i>B. brizantha</i> CIAT 26124, 26556 y 26318	250	—	—
Tradicional	110	—	—
<i>Cratylia argentea</i> cv. Veranera	—	—	1200
Tradicional	—	—	800
<i>Arachis pinto</i> CIAT 18744	600	350	3000
Tradicional	150	78	900
<i>Desmodium ovalifolium</i> cv. Maquenque	200	—	—
Tradicional	110	—	—

a. Como tradicional se considera una pastura de *B. decumbens* con varios años de uso bajo condiciones normales de manejo en la región.

b. La actividad de ceba se desarrolla en la sabana bien drenada y el sistema doble propósito en la Altillanura. Los datos se generaron a partir de los resultados de las investigaciones de Corpoica, el ICA y el CIAT en los centros de investigación La Libertad y Carimagua y en fincas en estos ecosistemas

por resistencia a aluminio en el suelo. (3) Selección de *Brachiaria* por resistencia a *Rhizoctonia* (una enfermedad fungosa).

Con recursos del Convenio MADR-CIAT se implementó la base de datos Forrajes Tropicales, que incluye la caracterización agronómica de 5374 accesiones de gramíneas y leguminosas evaluadas en estaciones experimentales del CIAT y de Corpoica en

Colombia. También incluye la evaluación de la adaptación de 2209 accesiones forrajeras representativas de los ecosistemas de sabanas, laderas y márgenes de bosque existentes en el país.

En forma paralela con estos logros, en el desarrollo del Convenio se ha proporcionado capacitación científica de alto nivel a 186 profesionales y técnicos colombianos.

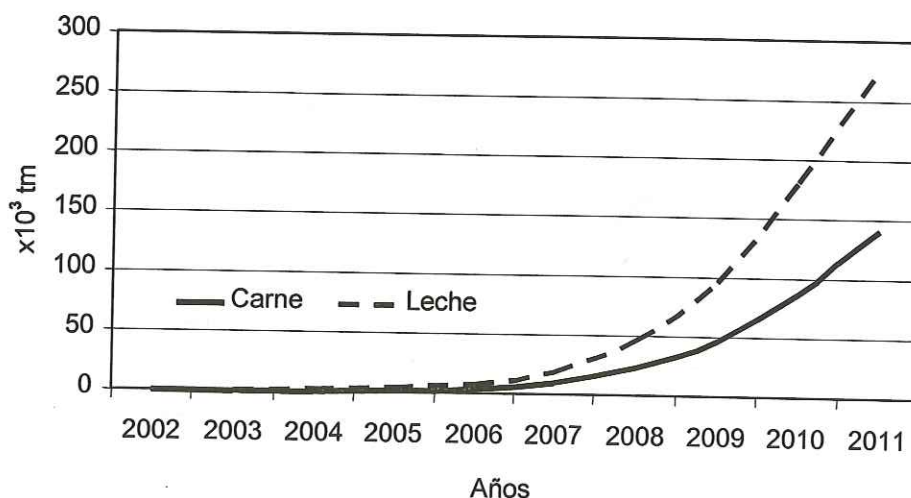


Figura 1. Aumento estimado en la producción de carne y leche en la Orinoquia colombiana por el uso de nuevos materiales forrajeros producidos en el Convenio MADR-CIAT.

