

## EFICIÊNCIA DA FERTILIZAÇÃO FOSFATADA E NITROGENADA EM CULTIVARES DE MILHETO

ALZIRA GABRIELA DA SILVA<sup>1</sup>, ALDI FERNANDES DE SOUZA FRANÇA<sup>2</sup>, ELIANE SAYURI MIYAGI<sup>2</sup>,  
CARLOS EDUARDO DAMBROS<sup>3</sup>, FERNANDO BRITO LOPES<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Professora Doutora da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá, PA, Brasil

<sup>2</sup>Professores Doutores da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil - aldi\_franca@ufg.br

<sup>3</sup>Graduando da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil

<sup>4</sup>Pesquisador e bolsista de Pós-doutorado Embrapa Cerrados/Capes, Brasília, DF, Brasil

### RESUMO

Objetivou-se avaliar a produção de massa seca (PMS) da planta inteira, determinar o nitrogênio contido (NC) no tecido da planta, a eficiência de conversão aparente do nitrogênio (ECAN) e a recuperação aparente do nitrogênio (RAN) de cultivares de milheto forrageiro submetidos às fontes de fósforo e doses de nitrogênio. O experimento realizado no ano agrícola de 2008 constou de um fatorial  $2 \times 3 \times 4$ , em arranjo de blocos completos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pelos cultivares ADR-7010; ADR-500 e BRS-1501, pelas fontes de fósforo superfosfato simples (SS) e termofosfato (TF), as quais foram aplicadas na dose de 70 kg.ha<sup>-1</sup> e doses de N (0; 40; 80 e 160 kg.ha<sup>-1</sup> sob forma de uréia). A análise estatística revelou ausência de interações significativas entre as

variáveis. Entre os cultivares avaliados, a melhor produção ( $P < 0,05$ ) foi a do cultivar ADR-7010 (1175,9 kg.ha<sup>-1</sup> de MS), o superfosfato simples apresentou resultados superiores. O incremento de N promoveu aumentos produtivos, a sucessão dos cortes reduziu a produção de MS. Houve diferença ( $P < 0,05$ ) para NC, sendo que, à medida que as doses de N foram elevadas, houve acréscimo linear do NC com valor máximo de 42,7 kg de N extraído. A ECAN e RAN diminuiu em função do acréscimo do nutriente, com valores máximos de 10,7 kg.ha<sup>-1</sup> e 33,4% na dose referente a 40 kg.ha<sup>-1</sup> de N. A fertilização nitrogenada promoveu incrementos na produção de massa seca dos cultivares de milheto.

**PALAVRAS-CHAVE:** fósforo, *Pennisetum glaucum*, potencial produtivo, proteína bruta, uréia.

### EFFICIENCY OF NITROGEN AND PHOSPHATE FERTILIZATION ON PEARL MILLET CULTIVARS

#### ABSTRACT

In this study we aimed at evaluating the dry matter production (DMP), nitrogen content (NC) in plant tissues, above ground nitrogen conversion efficiency (ANCE) and above ground nitrogen recovery (ANR) by pearl millet cultivars submitted to different sources of phosphorus and nitrogen doses. The experiment was carried out in 2008 and a completely randomized block design was used in a  $2 \times 3 \times 4$  factorial arrangement with four replications. Treatments consisted of three pearl millet cultivars (ADR-7010; ADR-500 and BRS-1501), two sources of phosphorus (simple phosphate and thermo phosphate) at one dose (70 kg.ha<sup>-1</sup>) and four

nitrogen (urea) doses (0; 40; 80 and 160 kg.ha<sup>-1</sup>). Statistical analysis revealed no significant interactions among variables. ADR-7010 presented ( $P < 0,05$ ) best dry matter production (1175.9 kg.ha<sup>-1</sup>) amongst cultivars; and simple phosphate showed better result than thermo phosphate. Increasing nitrogen doses led to increased production; harvest succession reduced DMP. There was difference ( $P < 0,05$ ) in NC. Linear NC increase was observed in function of N doses, with maximum value being 42.7 kg of extracted N. The ANCE and ANR decreased with nutrient input, maximum values being 10.7 kg.ha<sup>-1</sup> and 33.4%,

respectively, in the 40 kg.ha<sup>-1</sup> dose. Nitrogen fertilization increased the pear millet cultivars dry matter production.

KEYWORDS: crude protein, *Pennisetum glaucum*, phosphorus, production potential, urea.

## INTRODUÇÃO

Nos sistemas produtivos de ruminantes, as pastagens são as formas mais práticas e econômicas de alimentação e constituem a base de sustentação da pecuária do Brasil<sup>1</sup>. Espécies forrageiras potencialmente produtivas e de boa qualidade devem ser utilizadas para maximizar a produção animal a pasto. Assim, o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) pode ser uma ótima alternativa, por ser uma espécie bastante resistente às condições climáticas adversas<sup>2</sup>, possuir alta produção de biomassa<sup>3</sup>, menores custos das sementes<sup>4</sup> quando comparada com outras plantas de cobertura, ser cultivado em associação com outras forrageiras e ainda ser utilizado em sistemas com rotação de culturas como planta de cobertura<sup>5</sup>. Camargo et al.<sup>6</sup> realizaram trabalho com milheto e relataram produção de massa de forragem de 1819,0 kg.ha<sup>-1</sup> de massa seca e teor de proteína bruta de 22,3%, durante o período de 43-64 dias de utilização.

A utilização de uma espécie forrageira com alto valor nutritivo e boa produção de biomassa vegetal não é suficiente para garantir a perenidade de uma pastagem, se a mesma não for bem manejada e receber reposição dos nutrientes essenciais. Dentre os principais nutrientes exigidos pelas plantas forrageiras encontra-se o fósforo (P), indispensável na fase inicial da planta, mas que, na maioria dos solos tropicais, tem sua disponibilidade reduzida em decorrência da frequente exploração do solo sem sua correta reposição<sup>7</sup>. A disponibilidade de nitrogênio (N) para a planta forrageira também deve ser ajustada, visto que se trata de um elemento que é exigido pelas plantas em maior quantidade. Os efeitos do nitrogênio no metabolismo da planta proporcionam aumento na quantidade de proteína por hectare e ainda permitem uma maior taxa de lotação, pois promovem incremento na produção da massa seca, principalmente em forrageiras com alto potencial de produção<sup>8,9</sup>, como por exemplo o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown).

Dada toda a contribuição benéfica do N sobre o rendimento forrageiro de pastagens, é importante atentar para o uso excessivo desse fertilizante e suas consequências, principalmente a acidificação do solo. Nesse sentido, Costa et al.<sup>10</sup> observaram que, após três anos de aplicação contínua nas maiores doses de N (200

e 300 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), o pH do solo diminuiu de 5,6 para 4,6 e o teor de Al<sup>3+</sup> aumentou de 0,05 para 0,41 cmolc.dm<sup>-3</sup>, sendo que o sulfato de amônio causou maior acidificação do solo em relação à uréia.

Com relação ao N contido ou acumulado no tecido vegetal, sabe-se que esse é um parâmetro altamente relacionado aos teores de proteína bruta e, conseqüentemente, às doses de fertilizante nitrogenado aplicado. Magalhães et al.<sup>11</sup>, quando avaliaram cultivares de capim-elefante, determinaram os maiores teores de proteína bruta (9,5 %) com a aplicação de 450 e 300 kg. ha<sup>-1</sup> de N. Carvalho e Saraiva<sup>12</sup> definiram que a eficiência de utilização e a taxa de recuperação do N são parâmetros determinantes sobre a dose de N mais eficiente a ser aplicada no solo, ajustando os custos de adubação das pastagens.

A dose de N fornecida à planta varia em função da época do ano e das condições climáticas regionais. Esses fatores foram observados por Vitor et al.<sup>1</sup>, quando determinaram eficiências de produção de massa seca de forragem em resposta ao suprimento de nitrogênio de 8,14 kg de MS por kg de nitrogênio aplicado ao longo do ano, 5,71 kg de MS por kg de nitrogênio aplicado durante o período chuvoso e de 2,43 kg de MS por kg de nitrogênio aplicado durante o período seco. Silva et al.<sup>13</sup> conduziram experimento com capim-marandú e ressaltaram que a eficiência de conversão aumentou, enquanto que a recuperação do nitrogênio aplicado, a eficiência agrônômica e a eficiência fisiológica diminuíram com o aumento das doses nitrogenadas aplicadas.

Em vista disso, este experimento foi conduzido com objetivo de avaliar a produção de massa seca (PMS), determinar o nitrogênio contido (NC) no tecido da planta, a eficiência de conversão aparente do nitrogênio (ECAN) e a recuperação aparente do nitrogênio (RAN) de cultivares de milheto forrageiro (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) submetidos a fontes de fósforo e doses de nitrogênio.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nas dependências do Departamento de Produção Animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás - UFG, Campus II, no município de Goiânia - GO, localizada na latitude S 16° 35'

00'', longitude W 49° 16' 00'', e altitude de 727 m. O período experimental correspondeu ao ano agrícola de 2008, a cultura foi avaliada entre os meses de março a abril desse ano. As análises laboratoriais e estatísticas foram conduzidas no período compreendido entre julho de 2008 a janeiro de 2010.

O clima regional, segundo a classificação de Peel e McMahon<sup>14</sup>, é do tipo Aw (quente e semi-úmido), com estações bem definidas, sendo a estação seca correspondente aos meses de maio a

outubro e a estação das águas aos meses de novembro e abril. A temperatura média anual é de 23,2 °C. No período das águas, tem-se uma concentração de chuvas com altos níveis de precipitação, com média anual de 1759,9 mm<sup>15</sup> e pouca insolação. Os dados meteorológicos foram monitorados mensalmente durante a condução do experimento e mensurados na estação evaporimétrica da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás (Figura 1).

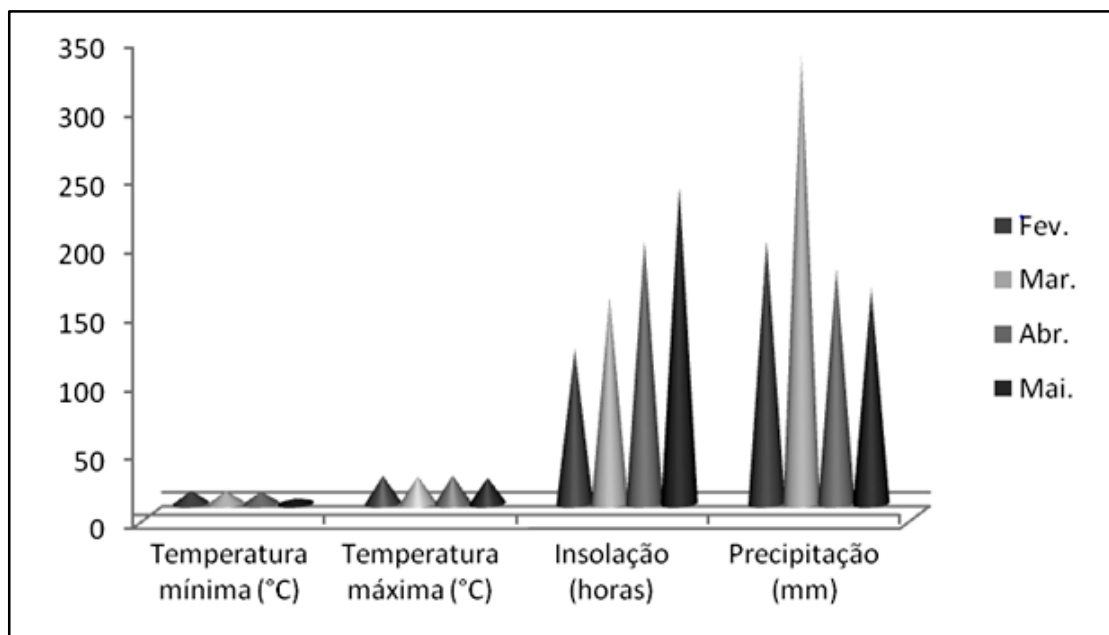


Figura 1- Médias de temperatura, insolação (horas) e precipitação (mm) durante o período experimental (fevereiro a maio de 2008).

Fonte: Estação Evaporimétrica da EAEA/UFG.

O solo da área experimental é classificado em Latossolo Vermelho distrófico e, para fins de sua caracterização química, foram coletadas amostras na profundidade de 0,20 m. Os atributos químicos do solo da área experimental antes da instalação do experimento foram: Ca = 4,0; Mg = 2,0; Al = 0 e H = 1,9 (cmolc/dm<sup>3</sup>); P = 17, 5 e K = 114,0 (mg/dm<sup>3</sup>); saturação por bases = 67%; e pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,6. Em função dos resultados da análise do solo, foram realizadas as correções de saturação e das adubações fosfatada e potássica de formação, de acordo com as recomendações de Vilela et al.<sup>16</sup>. No preparo do solo de forma convencional, utilizou-se uma aração seguida por duas gradagens.

Na área experimental, foram alocados quatro blocos com 24 parcelas de 5 x 1,6 metros lineares. As parcelas foram constituídas por seis linhas (fileiras) de cinco metros lineares, espaçadas de 0,40 m, em um

total de 10 m<sup>2</sup>. O experimento constou de um fatorial 2 × 3 × 4, em arranjo de blocos completos ao acaso, com quatro repetições, com os tratamentos constituídos por: três cultivares (ADR- 7010; ADR-500 e BRS-1501); duas fontes de fósforo – superfosfato simples (SS) e termofosfato (TF), cuja dose foi de 70 kg.ha<sup>-1</sup>; e quatro doses de N (0; 40; 80 e 160 kg.ha<sup>-1</sup> sob forma de uréia). Foram considerados tratamentos testemunhas as parcelas experimentais que não receberam a fertilização nitrogenada.

A semeadura manual dos cultivares foi realizada no dia 16 de fevereiro de 2008, utilizando-se uma taxa de semeadura de 20 sementes puras viáveis (SPV) por metro linear. As fontes de fósforo e micronutrientes foram aplicadas sob a forma do fertilizante BR-12 juntamente com as sementes. A germinação ocorreu quatro dias após o plantio, no dia 20

de fevereiro de 2008. Posteriormente, efetuaram-se as adubações potássica, com aplicação de 60 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O sob a forma de KCL, e a nitrogenada de cobertura de acordo com os tratamentos.

A idade fisiológica que antecedeu o início de emissão de inflorescência foi o parâmetro utilizado para a realização do corte. Os três cortes foram realizados, manualmente com tesoura de aço, em 21 de março, 05 de abril e 19 de abril. Para fins de avaliação da produção de massa seca, foram tomadas duas linhas centrais, excluindo-se 0,50 m das extremidades, procedendo-se os cortes a 0,30 m da superfície do solo. Após cada corte e identificação do material, o mesmo foi levado para o laboratório e pesado e, em seguida, foram retiradas duas sub-amostras. Cada sub-amostra continha em média, cinco plantas inteiras, sendo uma sub-amostra composta pela planta inteira e outra sub-amostra submetida à separação manual das frações folhas e colmos.

As amostras foram levadas à estufa de ventilação forçada à temperatura de 65 °C, durante 72 horas. Posteriormente, o material foi submetido à moagem em moinho tipo “Willey” com peneira de 1 mm de diâmetro e, finalmente, acondicionado em tubos de polietileno. As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Produção Animal da Escola de Medicina Veterinária da UFG, Campus Samambaia.

As produções de massa seca (PMS) foram determinadas em função dos cortes realizados e transformados para valores em hectares. Os conteúdos de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) foram determinados segundo a metodologia descrita por Salman et al.<sup>17</sup>. Para a obtenção dos resultados da eficiência de conversão aparente de nitrogênio

(ECAN), foram realizados cálculos pela diferença entre a produção total da forragem de cada tratamento em relação ao tratamento testemunha (admitindo-se que a contribuição do nitrogênio do solo foi semelhante entre os tratamentos), dividida pela quantidade de nitrogênio aplicada, sendo o resultado expresso em kg de MS produzida por kg de N aplicado, conforme descreveram Carvalho e Saraiva<sup>12</sup>. Para determinação do cálculo do nitrogênio absorvido pela forrageira, procedeu-se à multiplicação da produção de MS (kg.ha<sup>-1</sup>) pelo teor de nitrogênio em g por kg. A quantidade de N na forragem das parcelas não adubadas foi utilizada para estimar o suprimento de N proveniente do solo e da atmosfera.

A recuperação aparente do nitrogênio (RAN) foi calculada pela fórmula: RAN (%) = 100 x [(NAC – NCS na parcela sem adubação)/ NN], em que RAN (%) corresponde à recuperação aparente do nitrogênio; NAC, ao nitrogênio total absorvido na parcela com adubação (kg.ha<sup>-1</sup>); NCS, ao nitrogênio total absorvido na parcela sem adubação (kg.ha<sup>-1</sup>); e NN, à dose de N usada (kg.ha<sup>-1</sup>). O N contido nas raízes e no resíduo não foi determinado, dessa forma, a recuperação de N que é o percentual de N absorvido do total que foi aplicado, considera somente o N contido na parte aérea da planta<sup>12</sup>.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo PROC GLM do programa estatístico Statistical Analysis System<sup>18</sup>. Para verificar a significância das diferenças entre as médias, foi aplicado o teste Tukey a 5% de probabilidade. Para os dados de produção em função das doses de nitrogênio foram ajustadas análises de regressão testando os modelos lineares e quadráticos. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + F_j + D_k + (FD)_{jk} + (CD)_{jk} + (CF)_{ij} + (CFD)_{ijk} + e_{ijkl}$$

em que:

$Y_{ijk}$ : valor observado da variável;

$\mu$ : média geral;

$C_i$ : efeito do cultivar i, com i = ADR- 500; ADR-7010 e BRS-1501;

$F_j$ : efeito da fonte j, com j = SS e T;

$D_k$ : efeito da dose k, com k = 0; 40; 80 e 160;

$FD_{jk}$ : efeito da interação doses de N x fonte de P;

$CD_{ik}$ : efeito da interação cultivar x doses de N;

$CF_{ij}$ : efeito da interação cultivar x fonte de P;

$CFD_{ijk}$ : efeito da interação cultivar x fonte de P x doses de N;

$e_{ijkl}$ : erro experimental.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não se observou interação significativa para as variáveis pesquisadas. Entre os cultivares avaliados, observou-se diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre as produções para o primeiro e segundo corte, com melhor produção do cultivar ADR-7010 (1175,91 kg.ha<sup>-1</sup> de MS) no primeiro corte (Tabela 1). Valores produtivos inferiores foram determinados por Brum et al.<sup>19</sup>, quando relataram pastagem de milheto com massa de forragem de 969.5 kg.ha<sup>-1</sup> de MS.

Tabela 1- Produção por corte e anual da massa seca (PMS) (kg.ha<sup>-1</sup>) da planta inteira de cultivares de milho submetido a fontes de fósforo (SS: superfosfato simples e T: termofosfato) e doses de nitrogênio

Corte	Cultivares			Fontes de Fósforo		Doses de N (kg.ha <sup>-1</sup> )			
	ADR-7010	ADR-500	BRS-1505	SS	T	0	40	80	160
1º	1.176 <sup>aA</sup>	707 <sup>bA</sup>	569 <sup>bA</sup>	1043 <sup>aA</sup>	585 <sup>bA</sup>	613 <sup>bA</sup>	784 <sup>abA</sup>	868 <sup>bA</sup>	999 <sup>aA</sup>
2º	329 <sup>bB</sup>	412 <sup>abB</sup>	472 <sup>aA</sup>	329 <sup>bB</sup>	484 <sup>aA</sup>	416 <sup>aB</sup>	359 <sup>aB</sup>	430 <sup>aB</sup>	419 <sup>aB</sup>
3º	92 <sup>aC</sup>	78 <sup>aC</sup>	77 <sup>aB</sup>	85 <sup>aC</sup>	80 <sup>aB</sup>	81 <sup>aC</sup>	101 <sup>aC</sup>	79 <sup>aC</sup>	66 <sup>aC</sup>
Anual	1.459 <sup>a</sup>	1.143 <sup>b</sup>	1.075 <sup>b</sup>	1.351 <sup>a</sup>	1.099 <sup>b</sup>	1.064 <sup>a</sup>	1.188 <sup>a</sup>	1.294 <sup>a</sup>	1.365 <sup>a</sup>

(SS: superfosfato simples, T: termofosfato; R<sup>2</sup> = 0,76; CV = 57,92). Letras minúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Letras maiúsculas distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Com relação à produção anual, verificou-se que, nas condições de semeadura, o cultivar que possui o melhor potencial forrageiro foi o ADR-7010, cuja produção foi de 1459,2 kg de MS.ha<sup>-1</sup>. Produção superior foi relatada por Aguiar et al.<sup>20</sup>, que obtiveram produção de massa seca de milho cv. Bulk-1 de 5.646 kg.ha<sup>-1</sup>.

Houve diferença (P<0,05) na produção de massa seca entre as fontes de fósforos superfosfato simples (SS) e termofosfato (T) por ocasião do primeiro e segundo corte. A produção anual foi influenciada pelas fontes de fósforo com aumento de massa seca quando aplicou-se o superfosfato simples (1.351 kg de MS.ha<sup>-1</sup>), cujo acréscimo na produção foi de 18% quando comparado à outra fonte de fósforo aplicada.

A fertilização nitrogenada promoveu incrementos na produção de massa seca; entretanto, foi observada diferença (P<0,05) somente entre as doses de nitrogênio aplicadas no primeiro corte, cujos valores de produção foram maiores. Verificou-se acréscimo na produção de massa seca em função do aumento das doses de N com maior produção (999 kg de MS.ha<sup>-1</sup> de massa) na dose referente a 160 kg.ha<sup>-1</sup>. A produção anual não apresentou diferença entre as doses de N, com valores de produção de massa seca de 1.064; 1.188; 1.294 e 1.365 kg de MS. ha<sup>-1</sup>, para as doses de 0; 40; 80 e 160 kg.ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. A fertilização nitrogenada foi realizada com uréia em aplicação única de todas as doses, assim, parte do nitrogênio fornecido nas maiores doses (80 e 160 kg.ha<sup>-1</sup> de N) pode ter sido

perdido, prejudicando a expressão desse nutriente.

Para todos os cultivares e fontes de fósforo testadas, foi observado, por meio da equação de regressão, efeito linear na produção, exceto para a fonte de fósforo superfosfato simples que comportou-se de forma quadrática no cultivar ADR-500 (Figura 2). Vitor et al.<sup>1</sup>, em experimento conduzido com capim-elefante, observaram que a adubação nitrogenada aumentou linearmente a produção da planta forrageira até a dose de 700 kg.ha<sup>-1</sup> de N. Quando trabalharam em experimento com milho e aplicaram doses de nitrogênio semelhantes às testadas neste estudo. Jornada et al.<sup>21</sup> encontraram resultados de produção forrageira superiores: 9.232; 10.649; 12.334 e 12.681kg de MS.ha<sup>-1</sup> para as doses de 0, 50, 100 e 150 kg.ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente.

Heringer e Moojen<sup>22</sup> relataram relação quadrática com as doses de nitrogênio e produções totais de massa seca de milho com variação de 8.862 a 17.403 kg de MS.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para as doses 0 e 450 kg.ha<sup>-1</sup> de N. Em experimento com doses de nitrogênio, Benett et al.<sup>23</sup> observaram por meio da equação de regressão aumento linear e quadrático para o primeiro e segundo cortes, respectivamente, na produção de massa seca, com o ponto de máxima produção estimado em 179 kg.ha<sup>-1</sup> de N. Magalhães et al.<sup>11</sup> conduziram avaliação experimental com doses de fósforo e doses de nitrogênio sobre a produção de MS e também não observaram interação entre os fatores, porém, verificaram efeito linear e quadrático das doses de nitrogênio sobre a produção de MS.

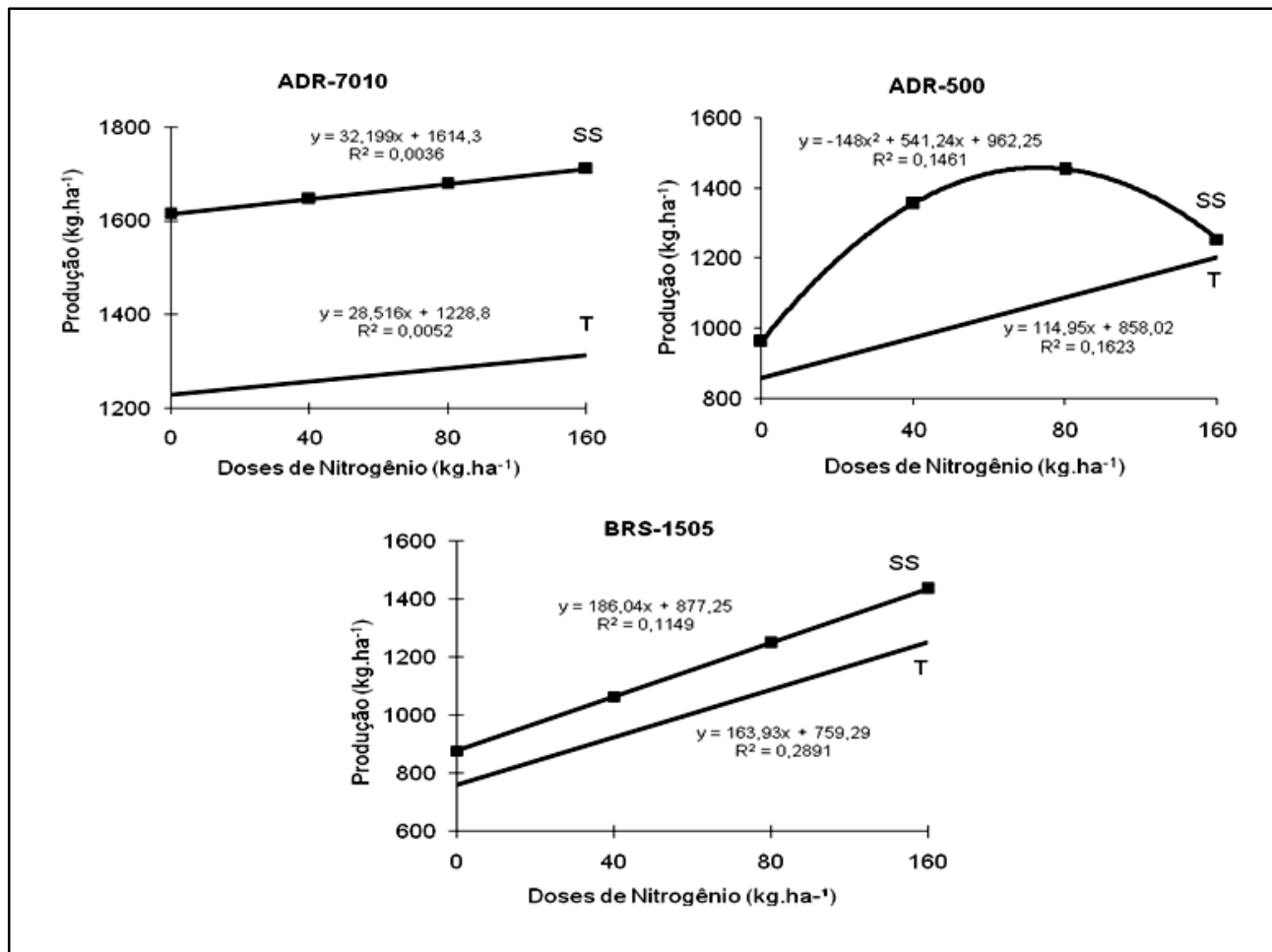


Figura 2 - Produção anual da massa seca (PMS) ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) da planta inteira dos cultivares submetido a fontes de fósforo (superfosfato simples –SS e termofosfato –T) e doses de nitrogênio.

Com relação ao nitrogênio contido no tecido da planta, verificou-se que houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre os cultivares, fontes de P e doses de N testadas (Tabela 2). O maior acúmulo de nitrogênio foi observado para o cultivar ADR-7010 (39,04 kg de N extraído). Dentre as fontes de P, o superfosfato simples proporcionou um acúmulo de 18% a mais de nitrogênio (37,57 kg de N extraído) quando comparado ao termofosfato. Esse fato sugere que uma maior quantidade de fósforo foi disponibilizada à planta via adubação com superfosfato simples, o que acarretou uma maior produção de massa seca e assim permitiu uma melhor utilização do nitrogênio, já que o nutriente fósforo não foi um fator limitante. Gava et al.<sup>24</sup>, em experimento com cana-de-açúcar, observaram que, do nitrogênio total acumulado na parte aérea da soqueira da planta, 10 a 16 %, foi absorvido do fertilizante aplicado, a uréia, com valores médios de nitrogênio acumulado na parte aérea total de 131 a 140  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , em função dos tratamentos.

À medida que as doses de N foram elevadas, observou-se acréscimo linear do nitrogênio contido com valor máximo de 42,70 kg de N extraído na dose

referente a 160  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de N, sendo que o acúmulo de nitrogênio na parte aérea da planta foi acompanhado pelo aumento da massa seca. Então, quando nenhum fator edafoclimático é limitante nem ocorrem grandes perdas de nitrogênio por volatilização e há nitrogênio disponível na solução do solo, os cultivares de milho conseguem absorver quantidades satisfatórias desse nutriente.

Entre os cultivares não foi observada diferença ( $P < 0,05$ ) na eficiência de conversão aparente do nitrogênio (Tabela 3). Entretanto, foi verificada diferença entre as fontes de fósforo com maior eficiência de conversão quando se aplicou o superfosfato simples, o qual promoveu ECAN de 31% a mais do que quando se aplicou o termofosfato.

A eficiência de conversão do N apresentou efeito linear com a aplicação das doses de N ( $P < 0,05$ ). Houve redução na ECAN em função do acréscimo das doses de N; portanto, o maior valor foi detectado quando se aplicou 40  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de N, confirmando que houve um menor aproveitamento relativo pela planta. A eficiência na utilização do nitrogênio pela planta considera os aspectos de absorção e metabolização

deste elemento, além das perdas que sempre ocorrem<sup>25</sup>. Dias et al.<sup>8</sup> verificaram maiores eficiências de conversão com a aplicação da dose equivalente a 100 kg.ha<sup>-1</sup> de N, sendo de 36, 32 e 18 kg MS por kg N aplicado, para capim-coast-cross, capim-suazi e transvala, respectivamente. Os autores relataram, ainda, que essa variação na eficiência pode estar relacionada com as condições climáticas e com a disponibilidade dos outros elementos no solo, principalmente o potássio.

Tabela 2 - Valores médios de nitrogênio contido (NC) (kg de N extraído) verificados no tecido da planta de cultivares de milho submetido a fontes de fósforo e doses de nitrogênio

Cultivares			Fontes de fósforo		Doses de N (kg.ha <sup>-1</sup> )			
ADR-7010	ADR-500	BRS-1505	SS	T	0	40	80	160
39,04 <sup>a</sup>	33,13 <sup>b</sup>	30,44 <sup>b</sup>	37,57 <sup>a</sup>	30,84 <sup>b</sup>	21,34 <sup>c</sup>	34,72 <sup>b</sup>	38,95 <sup>bc</sup>	42,70 <sup>a</sup>
					Equação: $y = 0,12 + 25,76x$ $R^2 = 0,51$			

(SS: superfosfato simples, T: termofosfato;  $R^2 = 0,87$ ; CV = 12,61). Letras minúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 3 - Valores médios de eficiência de conversão aparente (ECAN) (kg.ha<sup>-1</sup>) do nitrogênio de cultivares de milho submetido a fontes de fósforo e doses de nitrogênio

Cultivares			Fontes de fósforo		Doses de N (kg.ha <sup>-1</sup> )			
ADR-7010	ADR-500	BRS-1505	SS	T	0	40	80	160
6,99 <sup>a</sup>	5,10 <sup>a</sup>	5,41 <sup>a</sup>	6,93 <sup>a</sup>	4,74 <sup>b</sup>	—	10,77 <sup>a</sup>	7,86 <sup>ab</sup>	4,71 <sup>b</sup>
					Equação: $y = -0,049 + 12,435x$ $R^2 = 0,49$			

(SS: superfosfato simples, T: termofosfato;  $R^2 = 0,86$ ; CV = 34,40). Letras minúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Comportamento inverso ao obtido neste trabalho foi verificado por Magalhães et al.<sup>11</sup>, quando observaram que o acréscimo das doses de N promoveu aumento na ECAN pelo capim-braquiária até atingir o nível de 245,30 kg.ha<sup>-1</sup> de N, quando começam a reduzir. Os valores médios determinados foram de 12,65; 18,24 e 17,97 kg de MS/kg de N para as doses de 100, 200 e 300 kg.ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente.

Resultados de ECAN semelhantes aos aqui observados foram registrados por Vitor et al.<sup>1</sup> em experimento com capim-elefante. O alto potencial de utilização do N pelo milho pode ser elucidado pelos resultados relatados por Lupatini et al.<sup>26</sup>, que observaram, em trabalho com milho cultivar comum, eficiência de utilização do nitrogênio de 39,3 e 31,0 kg de MS por kg de nitrogênio aplicado, nas doses referentes a 150 e 300 kg.ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente.

A recuperação aparente do N não diferiu entre os cultivares avaliados, com máxima recuperação de 20,06% para o cultivar ADR-7010 (Tabela 4). O superfosfato simples promoveu a melhor recuperação aparente do N aplicado (19,96%).

Quanto às doses de N utilizadas, observa-se que a recuperação aparente de N reduziu linearmente à medida em que se aplicou mais nitrogênio, valores estes que corroboram os observados para ECAN, com máxima recuperação na dose referente a 40 kg.ha<sup>-1</sup> de N.

Acredita-se que houve perda do nutriente para o ambiente, principalmente quando aplicou-se a maior dose; com isso sugere-se a aplicação de altas doses de fertilizante de forma parcelada para evitar perdas. Heringer e Moojen<sup>22</sup> também observaram decréscimo na taxa de recuperação em função do aumento das doses de N. Esses autores relataram ainda que a recuperação de N em pastagens tropicais é maior,

devido ao seu alto potencial de produção de MS e rápida absorção de N pelo sistema radicular. De acordo com Primavesi et al.<sup>27</sup>, o aumento da dose de nitrogênio diminui a porcentagem de nitrogênio recuperado.

Tabela 4 - Valores médios de recuperação aparente do nitrogênio (RAN) de cultivares de milho submetido a fontes de fósforo e doses de nitrogênio

Cultivares			Fontes de fósforo		Doses de N (kg.ha <sup>-1</sup> )			
ADR-7010	ADR-500	BRS-1505	SS	T	0	40	80	160
20,06 <sup>a</sup>	14,72 <sup>a</sup>	15,98 <sup>a</sup>	19,96 <sup>a</sup>	13,87 <sup>b</sup>	—	33,44 <sup>a</sup>	20,89 <sup>b</sup>	13,35 <sup>b</sup>
					Equação: $y = -0,157 + 37,217x$ $R^2 = 0,51$			

(SS: superfosfato simples, T: termofosfato; R<sup>2</sup> = 0,84; CV = 39,01). Letras minúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Dias et al.<sup>8</sup> relataram que as respostas ao nitrogênio são dependentes da forrageira, uma vez que a produtividade, o valor nutritivo e a persistência são características inerentes a cada espécie, sendo, portanto, atributos dependentes da constituição genética, das condições climáticas e edáficas e do manejo adotado.

### CONCLUSÕES

A dose de 160 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrogênio deve ser aplicada aos cultivares ADR-7010 e BRS-1505, independente da fonte de fósforo. Já para o cultivar ADR-500, a dose de nitrogênio recomendada depende da fonte de fósforo, ou seja, ao se utilizar o superfosfato simples deve-se aplicar 70 kg.ha<sup>-1</sup> N; enquanto que ao se utilizar o termofosfato a dose de nitrogênio indicada é de 160 kg.ha<sup>-1</sup>.

Destarte, o cultivar ADR-7010 foi mais produtivo, independente das fontes de fósforo e doses de nitrogênio avaliadas, e a melhor fonte de fósforo foi o superfosfato simples. Observou-se também que a eficiência de conversão e recuperação aparente de nitrogênio diminuiu em função do acréscimo do nutriente, o que caracteriza perda de N da pastagem para o ambiente.

### REFERÊNCIAS

1. Vitor CMT, Fonseca DM, Coser AC, Martins CE, Nascimento Júnior D, Ribeiro Júnior JI. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-Elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2009; 38(3): 435-442.
2. Gomes PC, Rodrigues MP, Albino LFT, Rostagno HS, Gomes MF, HHC, Brumano G. Determinação da

composição química e energética do milho e sua utilização em rações para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2008; 37(9): 1617-1621.

3. Silva GF, Erasmo EAL, Sarmento RA, Santos AR, Aguiar RWS. Potencial de produção de biomassa e matéria seca de milho (*Pennisetum americanum* Schum), em diferentes épocas no sul do Tocantins. *Bioscience Journal*, 2003; 19(3): 31-34.

4. Silva EC, Muraoka T, Buzetti S, Veloso MEC, Trivelin PCO. Aproveitamento do nitrogênio (15<sup>N</sup>) da crotalaria e do milho pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. *Ciência Rural*, 2006; 36(3): 739-746.

5. Almeida VP, Alves MC, Silva EC, Oliveira SA. Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em Latossolo Vermelho de Cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2008; 32(3): 1227-1237.

6. Camargo DG, Rocha MG, Kozloskiii GV, Elejalde DG, Bremm C, Pötter L, Rosa ATN, Oliveira Neto RA. Consumo de forragem por cordeiras suplementadas em pastagem de milho. *Ciência Rural*, 2009; 39(2): 509-514.

7. Magalhães, A. F.; Pires, A. J. P.; Carvalho, G. G. P.; Silva, F. F.; Sousa, R. S.; Veloso, C. M. Influência do nitrogênio e do fósforo na produção do capim-Braquiária. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2007; 36(5): 1240-1246.

8. Dias P F, Rocha GP, Rocha Filho RR, Leal MAA, Almeida DL, Souto SM. Produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais, avaliadas no período das águas, sob diferentes doses de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, 2000; 24(1): 260-271.

9. Paris W, Cecato U, Branco AF, Barbero LM, Galbeiro S. Produção de novilhas de corte em pastagem de Coastcross-1 consorciada com *Arachis pintoii* com e sem adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2009; 38(1): 122-129.



10. Costa KAP, Faquin V, Oliveira IP, Rodrigues C, Severiano EC. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-Marandu. I - alterações nas características químicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2008; 32(4): 1591-1599.
11. Magalhães JA, Rodrigues BHN, Carneiro MSS, Andrade AC, Costa NL, Pinheiro MSC, Mochel Filho WGE. Influência da adubação nitrogenada e idade de corte sobre os teores de proteína bruta e fibra em detergente neutro de três cultivares de capim-Elefante. *Revista Electrónica de Veterinária*. [Internet]. 2007 [acesso em 20 abr. 2009]; 10(4): 1-13. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040409/040917.pdf>
12. Carvalho MM, Saraiva OF. Resposta do Capim Gordura (*Melinis minutiflora* Beau.) a aplicação de nitrogênio em regime de cortes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 1987; 16(5): 442-454.
13. Silva DRG, Costa KAP, Faquin V, Oliveira IP, Souza MRF, Souza MAS. Eficiência nutricional e aproveitamento do nitrogênio pelo Capim-marandu de pastagem em estágio moderado de degradação sob doses e fontes de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, 2011; 35(2): 242-249.
14. Peel MCF, McMahon T. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2007; 4(2): 1633-1644.
15. Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação, Departamento Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas: 1961-1990. [Internet]. 1992 [acesso em 15 mai. 2014]; Brasília. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>
16. Vilela L, Soares, WV, Sousa DMG, Macedo, MCM. Calagem e adubação para pastagens na região do Cerrado. [Internet]. 1998 [acesso em 15 mai. 2014]; Planaltina: Embrapa Cerrados (Circular Técnica, 37). Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/quadro/115>
17. Salman AKD, Ferreira ACD, Soares JPG, Souza JP. Metodologias para avaliação de alimentos para ruminantes domésticos. [Internet]. 2010 [acesso em 15 mai. 2014]; Porto Velho: Embrapa Rondônia (Documentos, 136). Disponível em: [http://www.cpafrro.embrapa.br/media/arquivos/publicacoes/oc136\\_alimentacaoderuminantes.pdf](http://www.cpafrro.embrapa.br/media/arquivos/publicacoes/oc136_alimentacaoderuminantes.pdf)
18. SAS, 2007 Statistical Analysis Systems. Institute SAS/STAT User's guide; Statistics, version 9.13. SAS Institute Inc Cary, North Carolina, U.S.A.
19. Brum MS, Quadros FLF, Martins JD, Rossi GE, Daniel E, Maixner AR, Bandinelli DG. Sistemas de alimentação para a recria de ovinos a pasto: avaliação do desempenho animal e características da forragem. *Ciência Rural*, 2008; 38(1): 191-198.
20. Aguiar EM, Lima GFC, Santos MVF, Carvalho FFR, Guim A, Medeiros HR, Borges AQ. Rendimento e composição químico-bromatológica de feno triturados de gramíneas tropicais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2006; 35(6): 2226-2233.
21. Jornada JBJ, Medeiros RB, Pedrosa CES, Saibro JC, Silva MA. Efeito da irrigação, épocas de corte da forragem e doses de nitrogênio sobre o rendimento de sementes de milheto. *Revista Brasileira de Sementes*, 2005; 27(2): 50-58.
22. Heringer I, Moojen EL. Potencial produtivo, alterações da estrutura e qualidade da pastagem de milheto submetida a diferentes níveis de nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2002; 31(2): 875-882.
23. Benett CGS, Buzetti S, Silva KS, Bergamaschine AF, Fabricio JA. Produtividade e composição bromatológica do capim-Marandu submetido a fontes e doses de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, 2008; 32(5): 1629-1636.
24. Gava GJC, Trivelin PCO, Vitti AC, Oliveira MW. Recuperação do nitrogênio (<sup>15</sup>N) da uréia e da palhada por soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2003; 27(4): 621-230.
25. Bredemeier C, Mundstock CM. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. *Ciência Rural*, 2000; 30(2): 365-372.
26. Lupatini GC, Moojen EL, Restle J, Silva JHS. Resposta do milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) sob pastejo a adubação nitrogenada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 1996; 31(10): 715-720.
27. Primavesi AC, Primavesi O, Corrêa LA, Cantarella H, Silva AG, Freitas AR, Vivaldi LJ. Adubação nitrogenada em capim-Coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2004; 33(1): 68-78.

---

Protocolado em: 10 mar. 2010. Aceito em: 29 maio 2014