

Planaltina, DF / Julho, 2024

## Produção e composição química das gramíneas forrageiras ‘Basilisk’ e ‘BRS Paiaguás’ em função de doses de fósforo e calcário

Gustavo José Braga<sup>(1)</sup>, Robelio Leandro Marchão<sup>(1)</sup>, Allan Kardec Braga Ramos<sup>(1)</sup>, Marcelo Ayres Carvalho<sup>(1)</sup>, Claudio Takao Karia<sup>(1)</sup> e Sanzio Carvalho Lima Barrios<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Pesquisadores, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF. <sup>(2)</sup> Pesquisador, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS.

**Embrapa Cerrados**  
BR 020, Km 18, Rod. Brasília /  
Fortaleza  
Caixa Postal 08223  
CEP 73310-970, Planaltina, DF  
Fone: (61) 3388-9898  
www.embrapa.br/cerrados  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações  
Presidente  
Eduardo Alano Vieira

Secretária-executiva  
Lidiamar Barbosa de Albuquerque

Membros  
Alessandra de Jesus Boari  
Alessandra Silva G. Faleiro  
Angelo Aparecido Barbosa Sussel  
Fábio Gelape Faleiro  
Fabiola de Azevedo Araujo  
Giuliano Marchi  
Jussara Flores de Oliveira Arbues  
Karina Pulrolnik  
Maria Emília Borges Alves  
Natália Bortoleto Athayde Maciel

Edição executiva e  
revisão de texto  
Jussara Flores O. Arbues

Normalização bibliográfica  
Marilaine Shaun Pelufe  
(CRB-1/2023)

Projeto gráfico  
Leandro Sousa Fazio

Diagramação  
Wellington Cavalcanti

Publicação digital: PDF

Todos os direitos  
reservados à Embrapa.

**Resumo** – O objetivo deste foi avaliar a produção de matéria seca (PMS), a composição química da planta e do solo em parcelas com *Brachiaria decumbens* ‘Basilisk’ e *Brachiaria brizantha* ‘BRS Paiaguás’, submetidas a doses de fósforo e calagem. O experimento, conduzido em solo argiloso em Planaltina, DF, por 3 anos (2012–2015), seguiu um delineamento inteiramente ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. O fósforo ( $P_{\text{fert}}$  – 0, 26 e 175 kg ha<sup>-1</sup> de P) foi avaliado na parcela principal, e a cultivar, na subparcela. O delineamento foi replicado em três áreas homogêneas para avaliar a calagem (0, 1,6 e 3,2 t ha<sup>-1</sup> de calcário). A PMS aumentou com as doses de  $P_{\text{fert}}$  e a ‘BRS Paiaguás’ produziu, em média, 8.070 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca (MS) por ano, enquanto a ‘Basilisk’ produziu 7.170 kg ha<sup>-1</sup>. No Ano 2, a ‘BRS Paiaguás’ respondeu mais ao  $P_{\text{fert}}$  do que a ‘Basilisk’, embora o efeito do  $P_{\text{fert}}$  sobre a PMS tenha diminuído com o tempo, enquanto o efeito da calagem foi mais variável e de menor magnitude. O P no solo e nas plantas aumentou com o  $P_{\text{fert}}$  assim como Ca e Mg em resposta à calagem, sendo o P no solo superior para a ‘BRS Paiaguás’. Embora a adubação fosfatada e a calagem não tenham impactado significativamente o carbono (C) e o nitrogênio (N) do solo, a ‘BRS Paiaguás’ mostrou resposta positiva ao  $P_{\text{fert}}$  em camadas mais profundas (30–40 cm), superando a ‘Basilisk’. A ‘BRS Paiaguás’, além de ser tolerante à acidez e baixa fertilidade, foi mais produtiva e eficiente no uso do fertilizante fosfatado.

**Termos para indexação:** adubação fosfatada, Cerrado, correção do solo, estoque de carbono, pastagens cultivadas, produção de matéria seca.

## Forage yield and chemical composition of ‘Basilisk’ and ‘BRS Paiaguás’ grasses under phosphate fertilizer and liming doses

**Abstract** – The objective was to evaluate dry matter yield (DMY), chemical composition of plant and soil of *Brachiaria decumbens* ‘Basilisk’ and *Brachiaria brizantha* ‘BRS Paiaguás’ plots subjected to doses of phosphorus and liming. The experiment was conducted for three years (2012 to 2015) in a clayey soil in Planaltina, FD, Brazil. The design was completely randomized in a split-plot arrangement with three replications. The phosphorus (P) ( $P_{\text{fert}}$  – 0, 26 and

175 kg ha<sup>-1</sup> P) was allocated to the plot and the cultivar to the subplot. The design was replicated in three homogeneous areas to evaluate liming (0, 1.6 and 3.2 t ha<sup>-1</sup> lime). Dry matter yield responded positively to P<sub>fert</sub> and differed between cultivars, averaging 8,070 kg ha<sup>-1</sup> DM per year for 'BRS Paiaguás' and 7,170 kg ha<sup>-1</sup> DM per year for 'Basilisk'. In Year 2, 'BRS Paiaguás' was more responsive to P<sub>fert</sub> compared to 'Basilisk', although the positive effect of P<sub>fert</sub> on DMY decreased over the years, while the effect of Lime was variable and of lesser magnitude. There was an increase in P concentrations in the soil and in the plant in response to P<sub>fert</sub>, as well as Ca and Mg in response to Lime. However, the P in the soil for 'BRS Paiaguás' was superior compared to 'Basilisk'. Although the use of phosphorus and liming did not have significant impacts on carbon (C) and nitrogen (N) in the soil, 'BRS Paiaguás' in deep soil layers (30–40 cm) responded positively to P<sub>fert</sub>, surpassing 'Basilisk'. 'BRS Paiaguás' can be considered as tolerant to acidity and low soil fertility as 'Basilisk' and because it is more productive, it was more efficient in the use of phosphate fertilizer.

**Index terms:** phosphorus fertilizer, Cerrado, soil correction, carbon stock, grasslands, dry matter yield.

## Introdução

A ocorrência de solos ácidos com altos níveis de alumínio (Al) tóxico e a baixa disponibilidade de fósforo (P) tornam o uso de corretivos e fertilizantes uma prática importante no cultivo de gramíneas forrageiras tropicais no Cerrado brasileiro (Sousa; Lobato, 2004; Martha Júnior et al., 2007). A ausência de práticas corretivas do solo e de adubação impede o pleno crescimento das plantas, em razão da indisponibilidade de nutrientes essenciais. Em regra, isso leva a uma contínua diminuição da produção de forragem, compelindo o pecuarista a utilizar taxas de lotação animal acima da capacidade de suporte da pastagem e desencadeando o processo de degradação (Zimmer et al., 2012).

Entre as plantas forrageiras do gênero *Urochloa* spp. (sinonímia *Brachiaria* spp.) cultivadas no Cerrado, as cultivares *Brachiaria decumbens* 'Basilisk' e *Brachiaria humidicola* 'Comum' são consideradas as menos exigentes em fertilidade do solo (Rao et al., 1998). Entretanto, a resistência à cigarrinhas-das-pastagens (Zulia, Deois, etc.) e a maior capacidade produtiva fizeram crescer, a partir da década de 1980, o uso de cultivares da espécie *Brachiaria brizantha* (e.g., 'Marandu', 'Piatã', 'Xaraés') (Karia

et al., 2006). Essa espécie é considerada mais exigente em fertilidade do solo quando comparada com *B. decumbens* (Corrêa; Haag, 1993), podendo acelerar o processo de degradação da pastagem caso os cuidados necessários na correção do solo e na adubação não sejam adotados. A seleção de genótipos de *B. brizantha*, em continuidade ao esforço de maior diversificação das espécies forrageiras cultivadas na porção tropical do Brasil, resultou no lançamento da 'BRS Paiaguás' (Valle et al., 2013). Além da elevada produção de forragem, a 'BRS Paiaguás' demonstrou maior capacidade de produção no final do período das chuvas, momento em que a planta forrageira diminui o seu crescimento em função do déficit hídrico, afetando a capacidade de suporte da pastagem e o ganho de peso dos bovinos em pastejo (Euclides et al., 2016). A 'BRS Paiaguás' também tem sido recomendada para o consórcio com cultivos agrícolas, em razão de seu porte mais baixo e facilidade de manejo (Montagner et al., 2018).

Tendo em vista a baixa fertilidade do solo no bioma Cerrado e a reposição insuficiente de nutrientes ao solo, invariavelmente em razão do seu elevado custo de aquisição, é desejável que novas cultivares de *Brachiaria brizantha* apresentem menor demanda e maior eficiência de uso de fertilizantes (Ramos et al., 2009). Isso decorre também da necessidade de aumentar a sustentabilidade dos sistemas pecuários baseados no uso de pastagens, em que tanto a reciclagem de nutrientes quanto o sequestro de carbono no solo são fundamentais para mitigar a emissão de gases de efeito estufa (e.g., CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, etc.). Desse modo, o objetivo do estudo foi avaliar a produção de matéria seca (PMS) e a composição química da planta e do solo em parcelas cultivadas com as gramíneas forrageiras *Brachiaria decumbens* 'Basilisk' e *Brachiaria brizantha* 'BRS Paiaguás' submetidas a diferentes níveis de adubação fosfatada e calagem.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido em Planaltina, Distrito Federal (15°35'S, 47°42'W, 1.007 m de altitude) de janeiro de 2012 a março de 2015. Os dados meteorológicos registrados a cerca de 1 km do local do experimento indicaram maior volume de chuvas e temperaturas mais elevadas entre os meses de outubro a abril, coerentes com a série histórica do local (Tabela 1). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho muito argiloso e, na camada de 0 a 20 cm, apresenta 78, 12 e 10% de argila, silte e areia, respectivamente, enquanto,

na camada de 20 a 40 cm, 68, 25 e 7% de argila, silte e areia, respectivamente. Antes da realização do experimento, o solo da área experimental possuía na camada de 0 a 20 cm pH 4,2; P (Mehlich-1) 0,33 mg/dm<sup>3</sup>; Ca 0,96 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; Mg 0,54 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; K 0,28 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; Al 0,56 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, saturação por bases (V) de 21%, saturação por Al (m)

de 24% e capacidade de troca catiônica (CTC) de 8,68 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>. Na camada de 20 a 40 cm, o solo possuía pH 4,0; P (Mehlich-1) 0,07 mg/dm<sup>3</sup>; Ca 0,46 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; Mg 0,27 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; K 0,25 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; Al 0,83 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, V de 14%, m de 46% e CTC de 7,08 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>.

**Tabela 1.** Temperatura média diária do ar (°C) e precipitação pluviométrica mensal (mm) durante o período experimental de 2012 a 2015 e média mensal histórica de 1973 a 2005 em Planaltina, DF.

Mês	Temperatura média					Precipitação pluviométrica				
	2012	2013	2014	2015	1973/ 2005	2012	2013	2014	2015	1973/ 2005
	(°C)					(mm)				
Janeiro	21,5	21,3	22,1	22,9	22,3	217	319	123	92	254
Fevereiro	22,4	23,1	22,0	21,7	22,5	116	96	91	191	184
Março	22,9	22,4	21,4	20,9	22,6	65	143	300	278	214
Abril	22,4	21,3	21,6	21,6	22,3	171	97	116	301	93
Maio	20,2	21,1	20,7	20,1	21,0	35	19	7	7	27
Junho	20,6	20,5	19,3	19,7	19,9	1	51	21	0	5
Julho	20,2	20,1	19,1	20,0	19,9	0	0	2	1	5
Agosto	20,3	21,4	21,1	21,4	21,6	0	2	0	0	16
Setembro	23,7	22,8	23,8	24,4	23,1	11	56	9	6	41
Outubro	24,4	22,4	23,7	25,3	23,3	32	126	87	97	137
Novembro	21,7	21,9	21,8	23,6	22,5	333	188	257	145	191
Dezembro	22,7	21,3	21,2	23,4	22,3	128	221	338	90	230
<b>Total</b>	–	–	–	–	–	<b>1.108</b>	<b>1.318</b>	<b>1.350</b>	<b>1.207</b>	<b>1.397</b>

Traço (–): informação não aplicável.

As cultivares *Brachiaria decumbens* 'Basilisk' e *Brachiaria brizantha* 'BRS Paiaguás' foram avaliadas sob três doses de fósforo ( $P_{fert}$ ) (0, 26 e 175 kg ha<sup>-1</sup>, equivalentes a 0, 60 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente) e três doses de calcário dolomítico (Cal) (0, 1,6 e 3,2 t ha<sup>-1</sup>) com PRNT de 80%. O delineamento experimental foi completamente ao acaso em arranjo de parcelas subdivididas com três repetições. O fator fertilizante fosfatado ( $P_{fert}$ ) foi alocado na parcela principal, e o fator cultivar (Cul), na subparcela (2,5 × 3,5 m com bordadura de 0,5 m). O mesmo arranjo de tratamentos foi replicado em três áreas homogêneas contíguas, cada uma submetida a uma dose de calcário. A calagem foi realizada a lanço em superfície em 25 de novembro de 2011. As doses de 1,6 e 3,2 t ha<sup>-1</sup> de calcário corresponderam ao cálculo de elevação da V para 35 e 50%, respectivamente, com base na camada de 0

a 20 cm. Após o preparo do solo com grade aradora e niveladora, o plantio manual ocorreu em 13 de janeiro de 2012, com aplicação de  $P_{fert}$  na forma de superfosfato triplo (45% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) no sulco de plantio junto às sementes, em linhas espaçadas de 0,5 m. A taxa de semeadura foi de 3 kg ha<sup>-1</sup> de sementes puras viáveis.

A produção de matéria seca (PMS) foi avaliada por desfolhação mecânica a 15 cm de altura do solo em uma área útil de 6 m<sup>2</sup> (2 × 3 m) na subparcela. Todo o material colhido foi pesado, e uma subamostra foi seca em estufa de circulação forçada de ar a 58 °C por 72 horas para estimar a matéria seca (MS). Os cortes ocorreram em 3 anos consecutivos nas seguintes datas: Ano 1 – 20 de março de 2012 (somente para a dose de 175 kg ha<sup>-1</sup> de P), 26 de abril de 2012 (somente para as doses de 26 e 175 kg ha<sup>-1</sup> de P), 11 de julho de 2012, 3 de dezembro

de 2012, 30 de janeiro de 2013; Ano 2 – 22 de março de 2013, 13 de maio de 2013, 26 de agosto de 2013, 27 de novembro de 2013, 29 de janeiro de 2014; Ano 3 – 27 de março de 2014, 21 de maio de 2014, 21 de agosto de 2014, 17 de dezembro de 2014 e 6 de março de 2015. Os primeiros cortes do Ano 1 não foram realizados para os tratamentos 0 e 26 kg ha<sup>-1</sup> de P, pois a altura do dossel não havia ultrapassado 15 cm. A adubação de manutenção foi realizada a lanço em superfície com 50 kg ha<sup>-1</sup> de N (sulfato de amônio) e 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio) após os cortes de 20 de março de 2012, 3 de dezembro de 2012, 22 de março de 2013, 27 de novembro de 2013, 27 de março de 2014 e 17 de dezembro de 2014, totalizando 100 kg ha<sup>-1</sup> de N e K<sub>2</sub>O por ano. Após a realização do primeiro corte foi feita aplicação a lanço em superfície de 50 kg ha<sup>-1</sup> de fritas (Fritted Trace Elements, FTE BR 12), contendo 1,8% de B, 0,8% de Cu, 2% de Mn, 0,10% de Mo e 9% de Zn.

Após secagem em estufa de circulação forçada de ar a 58 °C por 72 horas e moagem em moinho tipo Wiley (peneira de 1 mm), as subamostras de forragem colhidas nos cortes de 30 de janeiro de 2013 (Ano 1), 29 de janeiro de 2014 (Ano 2) e 6 de março de 2015 (Ano 3) foram analisadas quanto ao valor nutritivo. Foram avaliados a proteína bruta (PB) (Association of Official Analytical Chemists, 1990), a fibra em detergente neutro (FDN), a fibra em detergente ácido (FDA) (Van Soest et al., 1991) e a digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) (Tilley; Terry, 1963, modificado por Moore; Mott, 1974), utilizando espectroscopia de infravermelho próximo NIRS (FOSS), com modelos previamente calibrados e validados pelos métodos analíticos de referência.

Em 20 de setembro de 2013, cerca de 1 ano e 9 meses após o plantio, foi realizada amostragem de solo na camada de 0 a 20 cm para análise de pH, P (Mehlich-1), S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> e cátions trocáveis Ca, Mg, K e Al, conforme Embrapa (2017). A análise de macro (P, Ca, Mg, K) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) no tecido da planta foi realizada nas subamostras de forragem colhidas no corte de 29 de janeiro de 2014, após secagem e moagem em moinho tipo Wiley (peneira de 1 mm) (Carmo et al., 1998).

Após o último corte, em 6 de março de 2015, foram realizadas amostragens de solo nas camadas de 0 a 10, 10 a 20, 20 a 30 e 30 a 40 cm para análise elementar da concentração de carbono (C) e nitrogênio (N), utilizando analisador automático Vario Macro Cube (Elementar Analysensysteme GmbH, Elementar-Straße 1 63505 Langenselbold, Germany) do laboratório multiusuário da Embrapa

Cerrados. Para o cálculo dos estoques de C e N, foi mensurada a densidade aparente do solo por meio da coleta de amostras indeformadas utilizando anel volumétrico de 100 cm<sup>3</sup>. Considerando que não houve diferença de densidade entre tratamentos, os estoques de C e N foram calculados conforme a Equação 1:

$$E = \frac{C \times D \times L}{10} \quad (1)$$

em que

$E$  = estoque (t ha<sup>-1</sup>).

$C$  = concentração (g kg<sup>-1</sup>).

$D$  = densidade do solo (g cm<sup>3</sup>).

$L$  = espessura da camada de solo (em cm).

A razão de eficiência do P na planta, a eficiência fisiológica, a eficiência agrônômica e a recuperação aparente do P<sub>fert</sub> foram calculadas de acordo com Baligar et al. (2001), conforme as Equações 2, 3, 4 e 5:

$$Re = \frac{PMS}{P_{abs}} \quad (2)$$

em que

$Re$  = razão de eficiência (kg kg<sup>-1</sup>).

$PMS$  = produção de matéria seca.

$P_{abs}$  = fósforo absorvido.

$$Ef = \frac{PMS - PMS_{dose\ 0}}{P_{abs} - P_{abs\ dose\ 0}} \quad (3)$$

em que

$Ef$  = eficiência fisiológica (kg kg<sup>-1</sup>).

$PMS$  = produção de matéria seca.

$P_{abs}$  = fósforo absorvido.

$$Ea = \frac{PMS - PMS_{dose\ 0}}{P_{fert}} \quad (4)$$

em que

$Ea$  = eficiência agrônômica (kg kg<sup>-1</sup>).

$PMS$  = produção de matéria seca.

$P_{fert}$  = fertilizante fosfatado.

$$Ra = \frac{P_{abs} - P_{abs\ dose\ 0}}{P_{fert}} \times 100 \quad (5)$$

em que

$Ra$  = recuperação aparente (%).

$P_{abs}$  = fósforo absorvido.

$P_{fert}$  = fertilizante fosfatado.

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando regressão múltipla com o procedimento Proc Mixed (SAS Institute, 2020). Os efeitos principais de cultivar,  $P_{fert}$ , calcário e suas interações foram considerados como fixos. Foram incluídos no modelo os efeitos aleatórios de rep (calcário) e rep  $\times$   $P_{fert}$  (calcário), devido à realização do experimento em três áreas distintas, cada uma representando um nível de calcário.

Na análise de regressão, a cultivar "Basilisk" foi utilizada como referência, com os níveis 0 e 1 atribuídos às cultivares Basilisk e Paiaguás, respectivamente. Quando significativos ( $P < 0,05$ ), efeitos quadráticos das variáveis quantitativas foram incluídos nos modelos de regressão.

As análises de PMS e de valor nutritivo foram conduzidas separadamente para cada ano do experimento. De forma semelhante, as análises de concentração de carbono (C) e nitrogênio (N) no solo foram realizadas por camada.

Para avaliar os índices de eficiência de uso de nutrientes, as médias dos tratamentos foram calculadas utilizando as Equações 2 a 5. Para linearizar os níveis do fator  $P_{fert}$ , os valores foram transformados em logaritmo natural (ln) conforme a Equação 6:

$$x = \ln(P_{fert} + 5,5) \quad (6)$$

em que:

$x$  = variável resultante da transformação.

$\ln$  = logaritmo natural.

$P_{fert}$  = nível de fertilizante fosfatado aplicado.

Ambas as variáveis quantitativas independentes,  $P_{fert}$  e calcário, foram centralizadas e padronizadas conforme Equação 7:

$$x = x_i (P_{fert} - \mu/s) \quad (7)$$

em que

$\mu$  = média geral.

$s$  = desvio-padrão.

Desse modo, os níveis 0, 26 e 175 kg ha<sup>-1</sup> de P da variável  $P_{fert}$  e os níveis 0, 1,6 e 3,2 t ha<sup>-1</sup> de calcário da variável calcário corresponderam respectivamente a -1, 0 e 1 na análise de regressão múltipla. Nos gráficos, as referidas variáveis foram retransformadas em seus valores originais.

## Resultados e discussão

Houve efeito significativo da cultivar ( $P < 0,05$ ) sobre a PMS nos 3 anos de avaliação, com a 'BRS Paiaguás' superando a 'Basilisk', independentemente de  $P_{fert}$  e calcário (Tabela 2). A PMS nas doses intermediárias de  $P_{fert}$  (26 kg ha<sup>-1</sup> de P) e calcário (1,6 t ha<sup>-1</sup> de calcário) foi de, em média anual, 8.070 kg ha<sup>-1</sup> de MS para a 'BRS Paiaguás' e de 7.170 kg ha<sup>-1</sup> de MS para a 'Basilisk'.

Observou-se um efeito positivo do  $P_{fert}$  sobre a PMS, com uma resposta mais intensa no primeiro ano (Ano 1). Nos anos subsequentes, a resposta média ao  $P_{fert}$  diminuiu devido ao aumento da PMS em doses baixas e à concomitante diminuição em doses altas, provavelmente devido à redução do efeito residual do fertilizante aplicado no plantio, bem como à contínua extração de nutrientes. Contudo, a PMS da 'BRS Paiaguás' no Ano 2 respondeu de forma mais intensa ao  $P_{fert}$  em comparação à 'Basilisk'. Independentemente do ano, foram observados aumentos decrescentes na PMS com o aumento das doses de  $P_{fert}$ .

Na ausência de fertilizante fosfatado ( $P_{fert} = 0$  kg ha<sup>-1</sup> de P), a PMS foi de aproximadamente 2,5 mil quilogramas por hectare de matéria seca no Ano 1 (Figura 1), valor semelhante ao reportado por Soares et al. (1999) para a 'Basilisk' em solos argilosos do Cerrado no primeiro ano após o plantio. Em doses superiores a 140 kg ha<sup>-1</sup> de P, Soares et al. (1999) observaram que a PMS foi de aproximadamente 17 mil quilogramas por hectare por ano de matéria seca, valor superior ao observado no presente estudo para a 'Basilisk' (~10 mil quilogramas por hectare de matéria seca por ano) e para a 'BRS Paiaguás' (~11 mil quilogramas por hectare de matéria seca por ano) nas doses máximas de  $P_{fert}$  e calcário. A reposição média de 230 kg ha<sup>-1</sup> de N por dia e o menor número de cortes anuais (3 a 4) provavelmente influenciaram os resultados superiores observados por Soares et al. (1999).

**Tabela 2.** Modelos de regressão múltipla ( $\beta \pm$  erro padrão) para a produção de matéria seca (PMS) em função de cultivar, fósforo ( $P_{\text{fert}}$ ), calcário (Cal) e de suas interações em 3 anos de avaliação (2012 a 2015). Planaltina, DF.

Ano	Efeito <sup>(1)</sup>	PMS <sup>(2)</sup>	
		$\beta \pm \text{ep}$	'Basilisk' (0) 'BRS Paiaguás' (1) <sup>(3)</sup>
		————— (kg ha <sup>-1</sup> ) —————	
1	Intercepto	6.959 ± 221***	958 ± 217***
	$P_{\text{fert}}$	4.982 ± 267***	-252 ± 261 <sup>ns</sup>
	Cal	203 ± 273 <sup>ns</sup>	-43 ± 268 <sup>ns</sup>
	$P_{\text{fert}} \times \text{Cal}$	19 ± 327 <sup>ns</sup>	-493 ± 320 <sup>ns</sup>
2	Intercepto	7.870 ± 225***	1.052 ± 217***
	$P_{\text{fert}}$	2.342 ± 276***	628 ± 267*
	Cal	159 ± 276 <sup>ns</sup>	-825 ± 267**
	$P_{\text{fert}} \times \text{Cal}$	16 ± 337 <sup>ns</sup>	-121 ± 327 <sup>ns</sup>
3	Intercepto	6.678 ± 166***	696 ± 209**
	$P_{\text{fert}}$	1.308 ± 199***	295 ± 258 <sup>ns</sup>
	Cal	-339 ± 203 <sup>ns</sup>	-340 ± 253 <sup>ns</sup>
	$P_{\text{fert}} \times \text{Cal}$	-338 ± 244 <sup>ns</sup>	103 ± 309 <sup>ns</sup>

<sup>(1)</sup> Os níveis 0, 26 e 175 kg ha<sup>-1</sup> de P da variável  $P_{\text{fert}}$  e os níveis 0, 1,6 e 3,2 t ha<sup>-1</sup> de calcário da variável Cal correspondem respectivamente a -1, 0 e 1. Cal = Calcário.

<sup>(2)</sup> PMS = Produção de matéria seca.

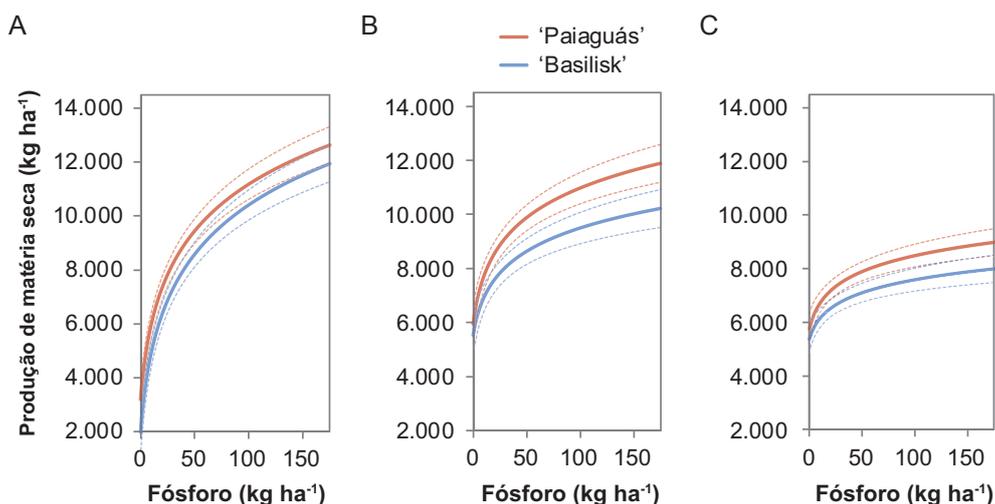
<sup>(3)</sup> A 'Basilisk' é referência da variável categórica Cultivar, de modo que 'Basilisk' = 0 e 'BRS Paiaguás' = 1.

\*  $P < 0,05$ .

\*\*  $P < 0,01$ .

\*\*\*  $P < 0,001$ .

<sup>ns</sup> Não significativo  $P > 0,05$ .



**Figura 1.** Curva de regressão para produção de matéria seca (PMS) das cultivares *Brachiaria decumbens* 'Basilisk' e *Brachiaria brizantha* 'BRS Paiaguás' em resposta a doses do fertilizante Superfosfato triplo ( $P_{\text{fert}}$ ) nos anos 1 (A = 2012 a 2013), 2 (B = 2013 a 2014) e 3 (C = 2014 a 2015) em Planaltina, DF. As curvas tracejadas correspondem ao intervalo de confiança da média (95%).

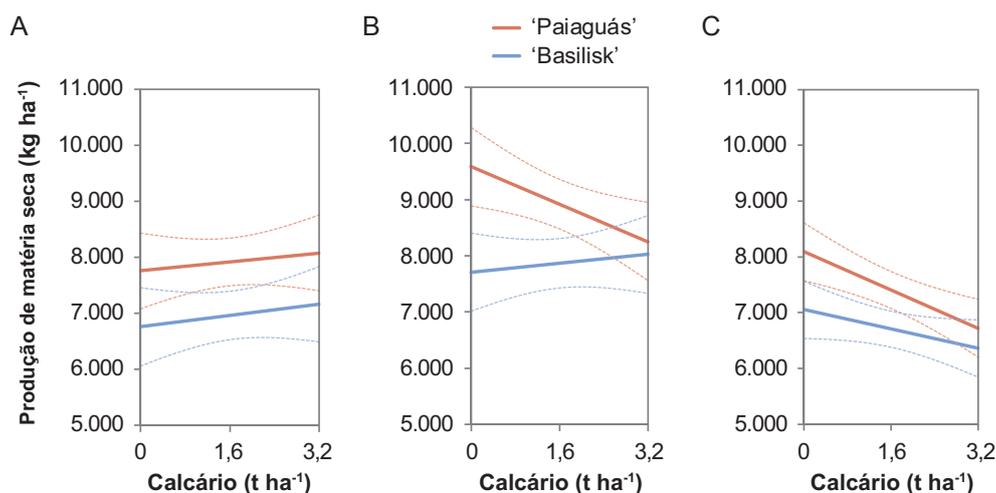
A princípio, a maior PMS da 'BRS Paiaguás' em relação à 'Basilisk' pode ser atribuída à maior capacidade produtiva da espécie *Brachiaria brizantha* em comparação à *Brachiaria decumbens* (Xavier

et al., 2002). No entanto, é sabido que o desempenho de cultivares de *B. brizantha* em solos ácidos e de baixa fertilidade tende a ser inferior quando comparado à 'Basilisk' (Rao et al., 1998; Bitencourt et al.,

2012). Por exemplo, Corrêa e Haag (1993) verificaram uma menor exigência de P da 'Basilisk' em relação à cv. Marandu (*B. brizantha*) durante o plantio, resultando em diferentes níveis críticos de P no solo para cada uma das duas espécies. O efeito positivo de  $P_{fert}$  sobre a PMS, especialmente no primeiro ano, confirma a importância de sua aplicação no momento do plantio da forrageira, fator determinante para o sucesso no estabelecimento da pastagem (Lima et al., 2007). Com o passar do tempo, no entanto, os resultados do presente estudo demonstraram que ambas as cultivares foram capazes de aumentar a capacidade produtiva mesmo na ausência de adubação fosfatada, possivelmente devido ao desenvolvimento do sistema radicular e ao aumento no volume de solo explorado, como observado por Soares et al. (1999) para a 'Basilisk' já no segundo ano após o plantio.

A calagem afetou a PMS apenas no Ano 2 ( $P < 0,05$ ), mais especificamente para a 'BRS

Paiaguás', que nesse período apresentou valores decrescentes em função das doses de calcário (Tabela 2). A resposta à calagem no Ano 1 não foi significativa ( $P > 0,05$ ), embora tenha havido algum benefício positivo sobre a PMS, posteriormente compensado no Ano 2, particularmente para a 'BRS Paiaguás' (Figura 2). Assim como no Ano 1, no Ano 3 não foi observado efeito significativo da calagem ( $P > 0,05$ ) sobre a PMS, sendo que houve uma tendência de queda na PMS em função do aumento da calagem, inclusive para a 'Basilisk'. A ausência e a baixa magnitude de resposta à calagem, em comparação àquela observada para a aplicação de fósforo, assim como verificado por Volpe et al. (2008) no estabelecimento do capim Massai (*Panicum maximum*), indicam a relativa tolerância das duas cultivares aos níveis iniciais de fertilidade do solo na área experimental, especialmente no que diz respeito à acidez (pH) e ao alumínio no solo.



**Figura 2.** Curva de regressão para produção de matéria seca (PMS) das cultivares *Brachiaria decumbens* 'Basilisk' e *Brachiaria brizantha* 'BRS Paiaguás' em resposta a doses de calcário dolomítico (PRNT 80%) (Cal) nos anos 1 (A = 2012 a 2013), 2 (B = 2013 a 2014) e 3 (C = 2014 a 2015) em Planaltina, DF. As curvas tracejadas correspondem ao intervalo de confiança da média (95%).

Houve efeito negativo do aumento do  $P_{fert}$  sobre a PB ( $P < 0,05$ ) nos 3 anos de avaliação, embora com diminuição de magnitude no decorrer dos anos avaliados (Tabela 3). Ao mesmo tempo, o efeito de  $P_{fert}$  sobre a DIVMS não foi significativo ( $P > 0,05$ ). Houve efeito positivo de calcário sobre a PB nos Anos 2 e 3 ( $P < 0,05$ ), enquanto, para a DIVMS, houve efeito quadrático de Cal no Ano 1 ( $P < 0,05$ ), de modo mais intenso para a 'BRS Paiaguás'. No Ano 3, a 'BRS Paiaguás' mostrou aumento da DIVMS em função de calcário ( $P < 0,05$ ), diferente do Ano 2, em que não foi constatada resposta de  $P_{fert}$

e calcário para ambas as cultivares ( $P > 0,05$ ). De um modo geral, a 'BRS Paiaguás' apresentou valor nutritivo mais baixo que a 'Basilisk', em razão de valores mais baixos de PB e DIVMS, simultaneamente a valores mais elevados de FDA e FDN, efeito similar ao observado por Silva et al. (2016) em ensaio de pastejo comparando a 'Basilisk' (58% de DIVMS e 8,1% de PB) com a cv. Marandu (54% de DIVMS e 7,0% de PB). O valor nutritivo da 'BRS Paiaguás', em relação à 'Basilisk' e nas doses mais elevadas de  $P_{fert}$ , foi inversamente proporcional à sua maior PMS, observada nos 3 anos de avaliação.

**Tabela 3.** Modelos de regressão múltipla ( $\beta \pm$  erro padrão) para proteína bruta (PB), digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) em função de cultivar (Cul), fósforo ( $P_{fert}$ ), calcário (Cal) e de suas interações em 3 anos de avaliação (2012 a 2015). Planaltina, DF.

Ano	Efeito <sup>(1)</sup>	PB <sup>(2)</sup>	DIVMS <sup>(3)</sup>	FDN <sup>(4)</sup>	FDA <sup>(5)</sup>
		$\beta \pm ep$	$\beta \pm ep$	$\beta \pm ep$	$\beta \pm ep$
(%)					
1	Intercepto	10,1 ± 0,16***	65,7 ± 0,92***	69,4 ± 0,28***	37,5 ± 0,31***
	Cul <sup>(6)</sup>	-0,86 ± 0,20***	0,72 ± 1,17 <sup>ns</sup>	0,70 ± 0,34 <sup>ns</sup>	1,32 ± 0,29***
	$P_{fert}$	-2,05 ± 0,18***	0,00 ± 0,59 <sup>ns</sup>	1,25 ± 0,34***	0,50 ± 0,26 <sup>ns</sup>
	$P_{fert} \times Cul$	0,51 ± 0,25*	0,88 ± 0,83 <sup>ns</sup>	1,11 ± 0,42*	1,22 ± 0,36**
	Cal	0,25 ± 0,20 <sup>ns</sup>	0,82 ± 0,65 <sup>ns</sup>	0,43 ± 0,33 <sup>ns</sup>	-0,16 ± 0,26 <sup>ns</sup>
	Cal × Cul	-0,26 ± 0,25 <sup>ns</sup>	-1,08 ± 0,83 <sup>ns</sup>	0,04 ± 0,42 <sup>ns</sup>	0,07 ± 0,36 <sup>ns</sup>
	Cal × Cal	–	-2,91 ± 1,12*	–	-0,73 ± 0,34*
	Cal × Cal × Cul	–	-3,06 ± 1,43*	–	–
	$p_{fert} \times Cal$	0,19 ± 0,22 <sup>ns</sup>	0,14 ± 0,72 <sup>ns</sup>	0,16 ± 0,41 <sup>ns</sup>	0,08 ± 0,32 <sup>ns</sup>
	$P_{fert} \times Cal \times Cul$	0,20 ± 0,31 <sup>ns</sup>	0,35 ± 1,01 <sup>ns</sup>	-0,40 ± 0,52 <sup>ns</sup>	-0,39 ± 0,44 <sup>ns</sup>
2	Intercepto	8,6 ± 0,13***	63,2 ± 0,49***	65,8 ± 0,31***	34,0 ± 0,24***
	Cul	-0,74 ± 0,15***	-1,62 ± 0,70*	1,84 ± 0,34***	2,71 ± 0,28***
	$P_{fert}$	-1,73 ± 0,15***	0,66 ± 0,60 <sup>ns</sup>	1,54 ± 0,30***	0,66 ± 0,29*
	$P_{fert} \times Cul$	0,06 ± 0,18 <sup>ns</sup>	0,15 ± 0,85 <sup>ns</sup>	0,74 ± 0,42 <sup>ns</sup>	0,97 ± 0,34**
	Cal	0,34 ± 0,15*	-0,78 ± 0,60 <sup>ns</sup>	-0,95 ± 0,38*	-0,30 ± 0,28 <sup>ns</sup>
	Cal × Cul	-0,09 ± 0,18 <sup>ns</sup>	0,92 ± 0,85 <sup>ns</sup>	0,47 ± 0,42 <sup>ns</sup>	0,13 ± 0,34 <sup>ns</sup>
	$P_{fert} \times Cal$	-0,37 ± 0,19 <sup>ns</sup>	-0,45 ± 0,74 <sup>ns</sup>	1,20 ± 0,36**	0,74 ± 0,35*
$P_{fert} \times Cal \times Cul$	0,02 ± 0,23 <sup>ns</sup>	0,88 ± 1,04 <sup>ns</sup>	-1,06 ± 0,51*	-0,86 ± 0,41*	
3	Intercepto	8,7 ± 0,17***	61,0 ± 0,75***	63,3 ± 0,25***	33,5 ± 0,35***
	Cul	-0,13 ± 0,14 <sup>ns</sup>	-3,12 ± 0,74***	1,77 ± 0,33***	2,09 ± 0,39***
	$P_{fert}$	-1,19 ± 0,14***	0,51 ± 0,91 <sup>ns</sup>	0,05 ± 0,31 <sup>ns</sup>	-0,63 ± 0,42 <sup>ns</sup>
	$P_{fert} \times Cul$	-0,31 ± 0,17 <sup>ns</sup>	-0,29 ± 0,91 <sup>ns</sup>	0,39 ± 0,40 <sup>ns</sup>	0,78 ± 0,48 <sup>ns</sup>
	Cal	0,61 ± 0,20*	0,40 ± 0,90 <sup>ns</sup>	-0,48 ± 0,31 <sup>ns</sup>	-0,19 ± 0,42 <sup>ns</sup>
	Cal × Cul	0,01 ± 0,17 <sup>ns</sup>	1,89 ± 0,91*	0,05 ± 0,40 <sup>ns</sup>	-0,59 ± 0,47 <sup>ns</sup>
	$P_{fert} \times Cal$	-0,48 ± 0,16**	0,17 ± 1,10 <sup>ns</sup>	0,27 ± 0,38 <sup>ns</sup>	0,47 ± 0,51 <sup>ns</sup>
$P_{fert} \times Cal \times Cul$	0,14 ± 0,21 <sup>ns</sup>	-0,98 ± 1,11 <sup>ns</sup>	-0,27 ± 0,49 <sup>ns</sup>	-0,71 ± 0,58 <sup>ns</sup>	

<sup>(1)</sup> Os níveis 0, 26 e 175 kg ha<sup>-1</sup> de P da variável  $P_{fert}$  e os níveis 0, 1,6 e 3,2 t ha<sup>-1</sup> de calcário da variável Cal correspondem respectivamente a -1, 0 e 1. Cal = calcário; Cul = cultivar;  $P_{fert}$  = fósforo.

<sup>(2)</sup> PB = proteína bruta.

<sup>(3)</sup> DIVMS = digestibilidade in vitro da matéria seca.

<sup>(4)</sup> FDN = fibra em detergente neutro.

<sup>(5)</sup> FDA = fibra em detergente ácido.

<sup>(6)</sup> A 'Basilisk' é referência da variável categórica Cultivar, de modo que 'Basilisk' = 0 e 'BRS Paiaguás' = 1.

\* P < 0,05.

\*\* P < 0,01.

\*\*\* P < 0,001.

<sup>ns</sup> Não significativo P > 0,05.

Traço (–): informação não aplicável.

Houve efeito significativo de  $P_{\text{fert}}$  sobre a concentração de P na planta ( $P < 0,05$ ), ao contrário das fontes de variação cultivar e calcário ( $P > 0,05$ ) (Tabela 4). A concentração de P aumentou em uma taxa decrescente (1,532, 1,810 e 2,096 g kg<sup>-1</sup> para 0, 26 e 175 kg ha<sup>-1</sup> de  $P_{\text{fert}}$ , respectivamente), diferentemente do aumento em taxa constante linear observado por Soares et al. (1999) (0,8 a 1,7 g kg<sup>-1</sup> de P), testando doses de fertilizante fosfatado de até 1.280 kg ha<sup>-1</sup> de  $P_2O_5$  (~560 kg ha<sup>-1</sup> de P). Na avaliação da *B. brizantha* 'Marandu' e de cultivares de *P. maximum*, também foi observada a ocorrência de efeito linear do fertilizante fosfatado sobre a concentração de P na planta, especialmente em doses mais baixas (0 a 52 kg ha<sup>-1</sup> de P) (Costa et al., 1996; Costa et al., 2023). A concentração de Ca na planta

sofreu efeito de calcário ( $P < 0,05$ ), com aumento dos valores à medida que as doses do corretivo aumentaram (Tabela 4). A concentração de Mg na planta sofreu efeito de  $P_{\text{fert}} \times$  calcário ( $P < 0,05$ ) e houve aumento da concentração em função de calcário, de modo mais intenso em doses mais elevadas de  $P_{\text{fert}}$ . Ao mesmo tempo, houve aumento da concentração de Mg em função do  $P_{\text{fert}}$  em doses elevadas de calcário e diminuição dos teores em doses baixas de calcário (Figura 3). Ao contrário do ocorrido com P e Ca, em que não houve efeito de Cultivar ( $P > 0,05$ ), a cultivar Basilisk mostrou valores superiores de Mg em relação à 'BRS Paiaguás' (+0,329 g kg<sup>-1</sup>) ( $P < 0,05$ ), independentemente de  $P_{\text{fert}}$  e calcário.

**Tabela 4.** Modelos de regressão múltipla ( $\beta \pm$  erro padrão) para concentração de macro e micronutrientes no tecido da planta em função de cultivar (Cul), fósforo ( $P_{\text{fert}}$ ), calcário (Cal) e das interações entre si. Planaltina, DF.

Efeito <sup>(1)</sup>	P	Ca	Mg	K	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
	$\beta \pm$ ep	$\beta \pm$ ep	$\beta \pm$ ep	$\beta \pm$ ep	$\beta \pm$ ep	$\beta \pm$ ep	$\beta \pm$ ep	$\beta \pm$ ep	$\beta \pm$ ep	
	(g kg <sup>-1</sup> )				(mg kg <sup>-1</sup> )					
Intercepto	1,814 ± 0,257***	1,553 ± 0,129***	1,546 ± 0,204***	10,33 ± 1,052***	21,6 ± 3,14***	2,51 ± 0,50**	87,8 ± 12,0***	21,4 ± 3,0***	17,6 ± 2,24***	
Cul <sup>(2)</sup>	-0,043 ± 0,043 <sup>ns</sup>	-0,194 ± 0,141 <sup>ns</sup>	-0,329 ± 0,095**	-0,128 ± 0,513 <sup>ns</sup>	-0,71 ± 1,17 <sup>ns</sup>	-0,31 ± 0,11**	22,5 ± 12,5 <sup>ns</sup>	-5,56 ± 1,25***	1,34 ± 1,07 <sup>ns</sup>	
$P_{\text{fert}}$	0,282 ± 0,084**	-0,184 ± 0,160 <sup>ns</sup>	-0,014 ± 0,098 <sup>ns</sup>	-2,501 ± 0,613***	-3,32 ± 1,35*	-0,91 ± 0,12***	-24,8 ± 13,6 <sup>ns</sup>	-3,78 ± 1,24**	-2,05 ± 1,15 <sup>ns</sup>	
$P_{\text{fert}} \times$ Cul	-0,032 ± 0,055 <sup>ns</sup>	-0,129 ± 0,173 <sup>ns</sup>	-0,029 ± 0,116 <sup>ns</sup>	-1,417 ± 0,611*	-0,82 ± 1,43 <sup>ns</sup>	0,42 ± 0,14**	-25,4 ± 15,6 <sup>ns</sup>	0,02 ± 1,46 <sup>ns</sup>	-1,63 ± 1,34 <sup>ns</sup>	
Cal	0,332 ± 0,318 <sup>ns</sup>	0,404 ± 0,160*	0,590 ± 0,250*	3,728 ± 1,296*	7,66 ± 3,86 <sup>ns</sup>	-0,57 ± 0,62 <sup>ns</sup>	21,5 ± 14,7 <sup>ns</sup>	4,69 ± 3,73 <sup>ns</sup>	4,23 ± 2,75 <sup>ns</sup>	
Cal × Cul	0,080 ± 0,058 <sup>ns</sup>	0,115 ± 0,178 <sup>ns</sup>	-0,127 ± 0,121 <sup>ns</sup>	-1,317 ± 0,670 <sup>ns</sup>	-0,84 ± 1,48 <sup>ns</sup>	0,23 ± 0,15 <sup>ns</sup>	18,3 ± 15,7 <sup>ns</sup>	-1,11 ± 1,65 <sup>ns</sup>	-1,21 ± 1,30 <sup>ns</sup>	
$P_{\text{fert}} \times$ Cal	-0,136 ± 0,108 <sup>ns</sup>	0,226 ± 0,196 <sup>ns</sup>	0,317 ± 0,120*	-0,742 ± 0,755 <sup>ns</sup>	2,02 ± 1,65 <sup>ns</sup>	0,31 ± 0,17 <sup>ns</sup>	-29,3 ± 16,5 <sup>ns</sup>	5,89 ± 1,54***	-2,26 ± 1,35 <sup>ns</sup>	
$P_{\text{fert}} \times$ Cal × Cul	-0,034 ± 0,073 <sup>ns</sup>	-0,058 ± 0,215 <sup>ns</sup>	0,085 ± 0,144 <sup>ns</sup>	2,903 ± 0,772**	2,84 ± 1,77 <sup>ns</sup>	-0,24 ± 0,19 <sup>ns</sup>	30,2 ± 19,3 <sup>ns</sup>	-0,37 ± 1,84 <sup>ns</sup>	0,20 ± 1,55 <sup>ns</sup>	

<sup>(1)</sup> Os níveis 0, 26 e 175 kg ha<sup>-1</sup> de P da variável  $P_{\text{fert}}$  e os níveis 0, 1,6 e 3,2 t ha<sup>-1</sup> de calcário da variável Cal correspondem respectivamente a -1, 0 e 1. Cal = calcário; Cul = cultivar;  $P_{\text{fert}}$  = fósforo.

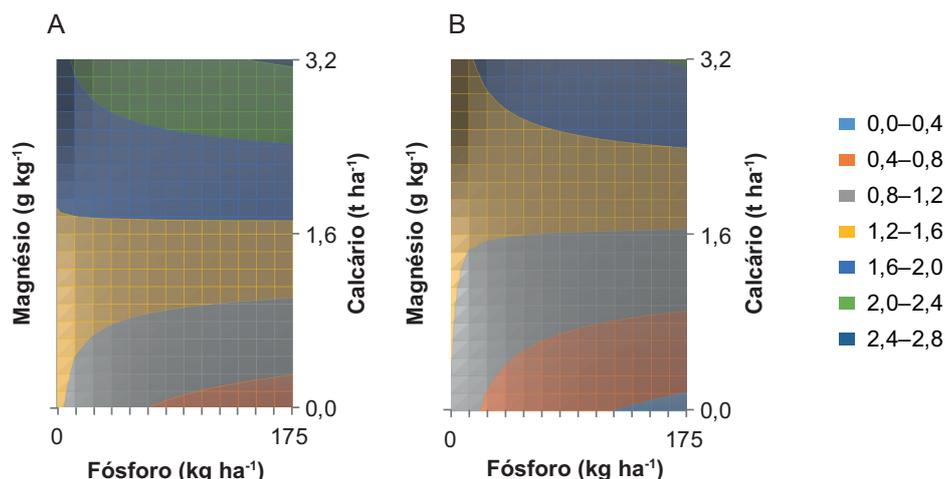
<sup>(2)</sup> A 'Basilisk' é referência da variável categórica Cultivar, de modo que 'Basilisk' = 0 e 'BRS Paiaguás' = 1.

\*  $P < 0,05$ .

\*\*  $P < 0,01$ .

\*\*\*  $P < 0,001$ .

<sup>ns</sup> Não significativo  $P > 0,05$ .

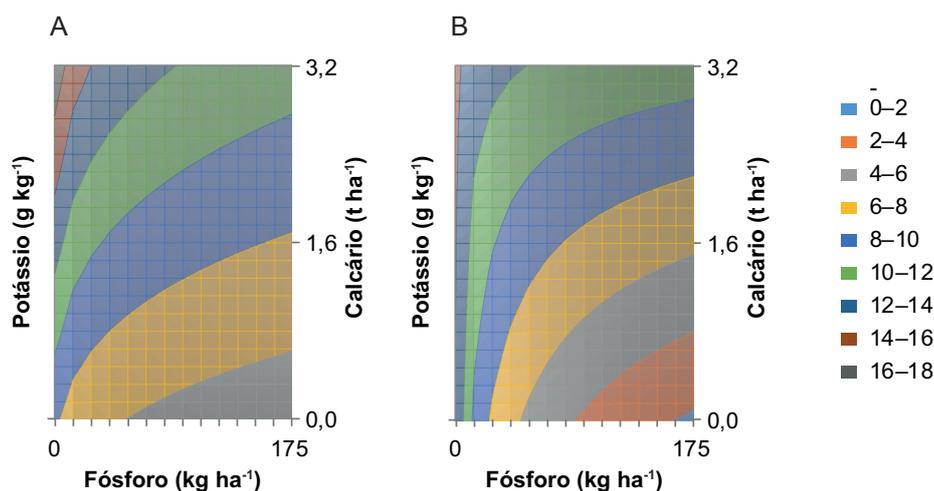


**Figura 3.** Curva de contorno da regressão da concentração média de magnésio (Mg) em *Brachiaria decumbens* 'Basilisk' (A) e *Brachiaria brizantha* 'BRS Paiaguás' (B) em função de doses de fósforo ( $P_{fert}$ ) e calcário (Cal) em Planaltina, DF.

A concentração de K na planta sofreu efeito da interação  $P_{fert} \times$  calcário  $\times$  cultivar ( $P < 0,05$ ), com os valores diminuindo à medida que as doses de P aumentaram, mais intensamente para a 'BRS Paiaguás'. Por outro lado, ocorreu aumento da concentração de K em função do aumento das doses de calcário, particularmente para a cultivar Basilisk (Tabela 4). A cultivar Paiaguás, em doses baixas de  $P_{fert}$  e calcário, apresentou valores bastante superiores em relação à 'Basilisk' e se mostrou insensível ao aumento de calcário em doses baixas de  $P_{fert}$ , embora tenha apresentado valores mais baixos que a

'Basilisk' em doses baixas de calcário simultaneamente a doses elevadas de  $P_{fert}$  (Figura 4).

Os micronutrientes B e Cu diminuíram à medida que houve aumento de  $P_{fert}$  ( $P < 0,05$ ) (Tabela 4), enquanto, para o Mn, esse efeito só ocorreu até a dose intermediária de calcário (1,6 t ha<sup>-1</sup> de calcário) e, de modo geral, com valores mais baixos para a 'BRS Paiaguás', assim como também ocorreu com os valores de Cu na ausência da adubação fosfatada. Para o Zn e Fe, não houve efeito de qualquer uma das fontes de variação ( $P > 0,05$ ).



**Figura 4.** Curva de contorno da regressão da concentração de potássio (K) em *Brachiaria decumbens* 'Basilisk' (A) e *Brachiaria brizantha* 'BRS Paiaguás' (B) em função de doses de fósforo ( $P_{fert}$ ) e calcário (Cal) em Planaltina, DF.

Os níveis de P no solo foram afetados por  $P_{fert}$  e cultivar ( $P < 0,05$ ). Houve aumento do P no solo em função do aumento das doses de  $P_{fert}$ , independentemente da cultivar (Tabela 5). Entretanto, para a cultivar Paiaguás, os valores de P foram superiores

em relação à Basilisk, demonstrando a maior capacidade de reciclagem do nutriente, inclusive na ausência da adubação fosfatada. A maior capacidade de exploração das camadas mais profundas do solo e a ação sinérgica de fungos micorrízicos podem

ampliar e maximizar a capacidade de aquisição de nutrientes e água pelo sistema radicular (Oliveira et al., 2009), condição que pode ter beneficiado a 'BRS Paiaguás'.

Os teores de Ca, Mg, pH e Al no solo sofreram efeito de calcário ( $P < 0,05$ ), sendo que os teores de Ca, Mg e pH aumentaram em função das doses de calcário, enquanto o teor de Al diminuiu (Tabela 5), assim como já observado por Luz et al. (2001) e Volpe et al. (2008) com a espécie *Panicum maximum*. Os níveis de K no solo sofreram efeito de  $P_{\text{fert}} \times \text{calcário} \times \text{cultivar}$  ( $P < 0,05$ ), diminuindo à medida que houve aumento nas doses de  $P_{\text{fert}}$  para a 'Basilisk', enquanto, para a 'BRS Paiaguás', essa diminuição ocorreu em menor intensidade e somente em doses mais elevadas de calcário (Tabela 5). Além disso, a 'Basilisk' foi insensível ao aumento das doses de calcário, especialmente em doses mais baixas de  $P_{\text{fert}}$ , enquanto a 'BRS

Paiaguás' mostrou aumento do K em função de calcário, também nas doses mais baixas de  $P_{\text{fert}}$  (Figura 5). A maior absorção de K promovida pela 'BRS Paiaguás' em doses baixas de  $P_{\text{fert}}$  e calcário (Figura 4) teve como reflexo os menores teores de K no solo comparado com a 'Basilisk', embora tenha apresentado valores mais elevados de K no solo que a 'Basilisk' com o aumento de  $P_{\text{fert}}$  e/ou calcário. De todo modo, o aumento da PMS em função de  $P_{\text{fert}}$  aumentou sobremaneira a extração de K do solo a ponto de os níveis do nutriente no solo diminuir além do nível crítico estabelecido de  $0,13 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$  (Martha Júnior et al., 2007), principalmente para a 'Basilisk'. Os teores de S no solo sofreram efeito de  $P_{\text{fert}} \times \text{calcário}$  ( $P < 0,05$ ), aumentando à medida que houve aumento das doses de  $P_{\text{fert}}$  apenas em doses baixas de calcário. Por outro lado, em doses elevadas de calcário, o efeito do  $P_{\text{fert}}$  sobre os teores de S não foi detectado.

**Tabela 5.** Modelos de regressão múltipla ( $\beta \pm$  erro padrão) para análise química do solo em função de cultivar, fósforo ( $P_{\text{fert}}$ ), calcário (Cal) e das interações entre si. Planaltina, DF.

Efeito(1)	P $\beta \pm$ ep	Ca $\beta \pm$ ep	Mg $\beta \pm$ ep	K $\beta \pm$ ep	S $\beta \pm$ ep	Al $\beta \pm$ ep	pH $\beta \pm$ ep
	( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )	————— ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ) —————			—————		
Intercepto	0,88 $\pm$ 0,06***	0,96 $\pm$ 0,11***	0,97 $\pm$ 0,04***	0,112 $\pm$ 0,005***	49,3 $\pm$ 4,4***	0,350 $\pm$ 0,026***	5,343 $\pm$ 0,051***
Cultivar <sup>(2)</sup>	0,16 $\pm$ 0,05**	0,08 $\pm$ 0,08 <sup>ns</sup>	0,02 $\pm$ 0,04 <sup>ns</sup>	0,002 $\pm$ 0,007 <sup>ns</sup>	3,4 $\pm$ 3,8 <sup>ns</sup>	0,020 $\pm$ 0,031 <sup>ns</sup>	0,009 $\pm$ 0,048 <sup>ns</sup>
$P_{\text{fert}}$	0,30 $\pm$ 0,07***	-0,01 $\pm$ 0,09 <sup>ns</sup>	-0,04 $\pm$ 0,05 <sup>ns</sup>	-0,031 $\pm$ 0,006***	13,5 $\pm$ 4,1**	-0,001 $\pm$ 0,033 <sup>ns</sup>	0,037 $\pm$ 0,051 <sup>ns</sup>
$P_{\text{fert}} \times \text{Cul}$	0,12 $\pm$ 0,07 <sup>ns</sup>	0,03 $\pm$ 0,09 <sup>ns</sup>	0,03 $\pm$ 0,05 <sup>ns</sup>	0,003 $\pm$ 0,009 <sup>ns</sup>	-6,6 $\pm$ 4,6 <sup>ns</sup>	-0,007 $\pm$ 0,038 <sup>ns</sup>	0,012 $\pm$ 0,058 <sup>ns</sup>
Cal	0,08 $\pm$ 0,07 <sup>ns</sup>	0,48 $\pm$ 0,13**	0,38 $\pm$ 0,05***	0,006 $\pm$ 0,006 <sup>ns</sup>	-5,8 $\pm$ 5,4 <sup>ns</sup>	-0,213 $\pm$ 0,033***	0,267 $\pm$ 0,062**
Cal $\times$ Cul	0,05 $\pm$ 0,07 <sup>ns</sup>	0,11 $\pm$ 0,09 <sup>ns</sup>	0,02 $\pm$ 0,05 <sup>ns</sup>	0,015 $\pm$ 0,009 <sup>ns</sup>	10,3 $\pm$ 4,6*	-0,040 $\pm$ 0,038 <sup>ns</sup>	0,048 $\pm$ 0,058 <sup>ns</sup>
$P_{\text{fert}} \times \text{Cal}$	-0,01 $\pm$ 0,09 <sup>ns</sup>	-0,10 $\pm$ 0,11 <sup>ns</sup>	-0,05 $\pm$ 0,06 <sup>ns</sup>	0,006 $\pm$ 0,008 <sup>ns</sup>	-14,2 $\pm$ 4,9**	0,017 $\pm$ 0,041 <sup>ns</sup>	-0,056 $\pm$ 0,062 <sup>ns</sup>
$P_{\text{fert}} \times \text{Cal} \times \text{Cul}$	-0,09 $\pm$ 0,08 <sup>ns</sup>	-0,08 $\pm$ 0,11 <sup>ns</sup>	-0,03 $\pm$ 0,06 <sup>ns</sup>	-0,023 $\pm$ 0,011*	5,3 $\pm$ 5,6 <sup>ns</sup>	-0,010 $\pm$ 0,047 <sup>ns</sup>	-0,008 $\pm$ 0,071 <sup>ns</sup>

<sup>(1)</sup> Os níveis 0, 26 e 175  $\text{kg ha}^{-1}$  de P da variável  $P_{\text{fert}}$  e os níveis 0, 1,6 e 3,2  $\text{t ha}^{-1}$  de calcário da variável Cal correspondem respectivamente a -1, 0 e 1. Cal = calcário; Cul = cultivar;  $P_{\text{fert}}$  = fósforo.

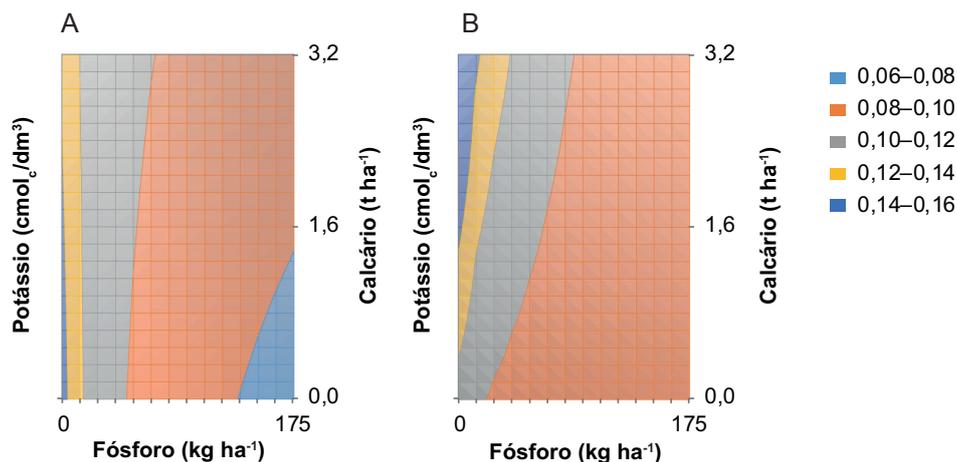
<sup>(2)</sup> A 'Basilisk' é referência da variável categórica Cultivar, de modo que Basilisk = 0 e Paiaguás = 1.

\*  $P < 0,05$ .

\*\*  $P < 0,01$ .

\*\*\*  $P < 0,001$ .

<sup>ns</sup> Não significativo  $P > 0,05$ .



**Figura 5.** Curva de contorno da regressão da concentração de potássio (K) no solo para *Brachiaria decumbens* 'Basilisk' (A) e *Brachiaria brizantha* 'BRS Paiaguás' (B) em função de doses de fósforo ( $P_{fert}$ ) e calcário (Cal) em Planaltina, DF.

Em virtude de sua maior PMS e das concentrações similares de P no tecido das duas cultivares, a razão de eficiência do P na planta foi mais elevada para a 'BRS Paiaguás', particularmente nas doses de 0 e 1,6 t ha<sup>-1</sup> de calcário (Tabela 6). Ao contrário da razão de eficiência, a eficiência fisiológica do fertilizante fosfatado aumentou em função de  $P_{fert}$  e foi superior para a 'BRS Paiaguás', nesse caso, mais nitidamente na dose 0 t ha<sup>-1</sup> de calcário. A eficiência agrônômica do fertilizante fosfatado foi inversamente proporcional ao aumento de  $P_{fert}$  e também foi superior para a 'BRS Paiaguás', especialmente na dose intermediária de  $P_{fert}$  (26 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo),

tanto na dose 0 como na dose de 1,6 t ha<sup>-1</sup> de calcário. A recuperação aparente do P aplicado como fertilizante diminuiu em função de  $P_{fert}$  e, com exceção da dose de 3,2 t ha<sup>-1</sup> de calcário, foi superior para a 'BRS Paiaguás' (Tabela 6). De um modo geral, notou-se uma queda nas eficiências de uso do fósforo em função do aumento de calcário, provavelmente em razão de um maior acúmulo de P na planta nessas condições (Luz et al., 2001), embora não tenha sido detectado na análise estatística (Tabela 4), e também um efeito reduzido e muito variável da calagem sobre a PMS (Tabela 2).

**Tabela 6.** Razão de eficiência do P na planta, eficiência fisiológica, eficiência agrônômica e recuperação aparente do superfosfato triplo aplicado no plantio para *Brachiaria decumbens* 'Basilisk' (Bas.) e para *Brachiaria brizantha* 'BRS Paiaguás' (Pai.) em função de calcário (Cal) e doses de adubação fosfatada ( $P_{fert}$ ) em 3 anos de avaliação (2012 a 2015) em Planaltina, DF.

Cal (t/ha)	$P_{fert}$ (kg/ha)	Razão da eficiência		Eficiência fisiológica		Eficiência agrônômica		Recuperação aparente	
		Cultivar		Cultivar		Cultivar		Cultivar	
		Bas. <sup>(1)</sup>	Pai. <sup>(2)</sup>	Bas.	Pai.	Bas.	Pai.	Bas.	Pai.
		(kg kg <sup>-1</sup> )						(%)	
0	0	940	1.065	–	–	–	–	–	–
	26	675	736	267	279	344	389	71	78
	175	526	562	296	306	102	116	25	28
1,6	0	653	657	–	–	–	–	–	–
	26	551	565	202	194	332	358	74	78
	175	477	495	254	252	99	106	25	26
3,2	0	500	476	–	–	–	–	–	–
	26	466	458	154	138	320	327	76	76
	175	436	442	217	207	95	97	24	23

<sup>(1)</sup> Bas. = 'Basilisk'.

<sup>(2)</sup> Pai. = 'BRS Paiaguás'.

Traço (–): informação não aplicável.

De um modo geral, a eficiência de uso do nutriente é governada por processos no solo e na planta, como transporte e absorção de nutrientes, aspectos morfofisiológicos das raízes das plantas, processos bioquímicos da interação planta-solo, movimentação do nutriente pelas raízes, acúmulo, remobilização e utilização do nutriente para o crescimento da planta, e por fatores relacionados às propriedades físico-químicas do solo, ao meio ambiente e a pragas e doenças (Baligar et al., 2001). Para o presente estudo, embora o objetivo não tenha sido identificar os mecanismos por detrás dos resultados obtidos, ficou demonstrado que a 'BRS Paiaguás' é uma planta eficiente no uso do fósforo, por conseguir produções superiores à 'Basilisk' em doses baixas de calcário e  $P_{fert}$  e também responsiva, haja vista as estimativas de eficiência de uso do fertilizante fosfatado (Tabela 6), além da resposta mais intensa ao  $P_{fert}$  no Ano 2 em relação àquela obtida pela 'Basilisk' (Tabela 2).

De acordo com Ramos et al. (2009), a 'Marandu' (*B. brizantha*) foi considerada mais eficiente no uso do fertilizante fosfatado por apresentar maior produção de forragem, ainda que com um acúmulo de P na planta similar ao da 'Basilisk'. Da mesma maneira, a maior eficiência de uso apresentada pela 'BRS Paiaguás' no presente estudo se deveu a sua maior PMS. O alto custo dos fertilizantes fosfatados e a

baixa disponibilidade do P no solo indicam que o uso de cultivares mais eficientes no uso do P, como demonstrado pela 'BRS Paiaguás', pode contribuir na sustentabilidade dos sistemas de produção agropecuários (Coelho et al., 2021), inclusive considerando o potencial dessa cultivar para uso na integração com cultivos agrícolas.

Houve diminuição da concentração de carbono no solo nas camadas 20 a 30 e 30 a 40 cm em relação às camadas mais superficiais (Tabela 7). Na camada 0 a 10 cm não foi observado efeito de  $P_{fert}$  calcário e cultivar sobre a concentração de C ( $P > 0,05$ ). Na camada 10 a 20 cm houve efeito negativo de calcário sobre a concentração de C para ambas as cultivares ( $P < 0,05$ ). Assim como na camada 0 a 10 cm, na camada 20 a 30 cm não foi observado efeito de  $P_{fert}$  calcário e cultivar sobre a concentração de C ( $P > 0,05$ ). Já na camada 30 a 40 cm, houve efeito de  $P_{fert} \times$  calcário  $\times$  cultivar ( $P < 0,05$ ), sendo que a 'BRS Paiaguás' apresentou aumento da concentração de C com o aumento do  $P_{fert}$  em doses baixas de calcário (Figura 6), mostrando também uma queda menos acentuada do C na camada 30 a 40 cm em relação à camada 20 a 30 cm, comparado à 'Basilisk'.

**Tabela 7.** Modelos de regressão múltipla ( $\beta \pm$  erro padrão) para concentração de carbono e nitrogênio ( $g\ kg^{-1}$ ) no solo em função da cultivar, adubação fosfatada ( $P_{fert}$ ), calcário (Cal) e das interações entre si. Planaltina, DF.

Camada (cm)	Efeito <sup>(1)</sup>	Carbono		Nitrogênio	
		$\beta \pm ep$	'Basilisk' (0) <sup>(2)</sup> 'BRS Paiaguás' (1)	$\beta \pm ep$	'Basilisk' (0) 'BRS Paiaguás' (1)
0 a 10	Intercepto	23,80 $\pm$ 0,52***	0,35 $\pm$ 0,63 <sup>ns</sup>	2,76 $\pm$ 0,12***	0,04 $\pm$ 0,11 <sup>ns</sup>
	$P_{fert}$	0,04 $\pm$ 0,63 <sup>ns</sup>	0,26 $\pm$ 0,77 <sup>ns</sup>	-0,10 $\pm$ 0,12 <sup>ns</sup>	-0,01 $\pm$ 0,14 <sup>ns</sup>
	Cal	0,30 $\pm$ 0,63 <sup>ns</sup>	-0,50 $\pm$ 0,77 <sup>ns</sup>	0,17 $\pm$ 0,15 <sup>ns</sup>	0,13 $\pm$ 0,14 <sup>ns</sup>
	$P_{fert} \times$ Cal	0,67 $\pm$ 0,78 <sup>ns</sup>	-1,13 $\pm$ 0,94 <sup>ns</sup>	-0,06 $\pm$ 0,14 <sup>ns</sup>	0,04 $\pm$ 0,17 <sup>ns</sup>
10 a 20	Intercepto	22,00 $\pm$ 0,30***	0,23 $\pm$ 0,30 <sup>ns</sup>	2,70 $\pm$ 0,13***	0,05 $\pm$ 0,12 <sup>ns</sup>
	$P_{fert}$	-0,57 $\pm$ 0,37 <sup>ns</sup>	0,19 $\pm$ 0,37 <sup>ns</sup>	-0,05 $\pm$ 0,13 <sup>ns</sup>	0,00 $\pm$ 0,14 <sup>ns</sup>
	Cal	-1,17 $\pm$ 0,37**	0,70 $\pm$ 0,37 <sup>ns</sup>	0,13 $\pm$ 0,16 <sup>ns</sup>	0,02 $\pm$ 0,14 <sup>ns</sup>
	$P_{fert} \times$ Cal	-0,63 $\pm$ 0,46 <sup>ns</sup>	0,69 $\pm$ 0,46 <sup>ns</sup>	0,21 $\pm$ 0,16 <sup>ns</sup>	-0,11 $\pm$ 0,17 <sup>ns</sup>
20 a 30	Intercepto	20,20 $\pm$ 0,29***	-0,06 $\pm$ 0,22 <sup>ns</sup>	2,37 $\pm$ 0,11***	-0,14 $\pm$ 0,15 <sup>ns</sup>
	$P_{fert}$	0,04 $\pm$ 0,24 <sup>ns</sup>	-0,06 $\pm$ 0,27 <sup>ns</sup>	0,31 $\pm$ 0,12*	-0,50 $\pm$ 0,19*
	Cal	-0,23 $\pm$ 0,24 <sup>ns</sup>	-0,11 $\pm$ 0,27 <sup>ns</sup>	0,15 $\pm$ 0,13 <sup>ns</sup>	-0,32 $\pm$ 0,18 <sup>ns</sup>
	$P_{fert} \times$ Cal	0,19 $\pm$ 0,30 <sup>ns</sup>	-0,08 $\pm$ 0,33 <sup>ns</sup>	0,06 $\pm$ 0,15 <sup>ns</sup>	0,16 $\pm$ 0,23 <sup>ns</sup>
30 a 40	Intercepto	17,80 $\pm$ 0,19***	0,65 $\pm$ 0,19**	2,39 $\pm$ 0,14***	0,01 $\pm$ 0,13 <sup>ns</sup>
	$P_{fert}$	-0,42 $\pm$ 0,24 <sup>ns</sup>	0,98 $\pm$ 0,24***	-0,03 $\pm$ 0,12 <sup>ns</sup>	0,14 $\pm$ 0,16 <sup>ns</sup>
	Cal	-0,33 $\pm$ 0,24 <sup>ns</sup>	-0,64 $\pm$ 0,24*	0,10 $\pm$ 0,17 <sup>ns</sup>	-0,11 $\pm$ 0,16 <sup>ns</sup>
	$P_{fert} \times$ Cal	0,03 $\pm$ 0,29 <sup>ns</sup>	-1,02 $\pm$ 0,29**	0,19 $\pm$ 0,15 <sup>ns</sup>	-0,46 $\pm$ 0,19*

<sup>(1)</sup> Os níveis 0, 26 e 175  $kg\ ha^{-1}$  de P da variável  $P_{fert}$  e os níveis 0, 1,6 e 3,2  $t\ ha^{-1}$  de calcário da variável Cal correspondem respectivamente a -1, 0 e 1. Cal = calcário;  $P_{fert}$  = fósforo.

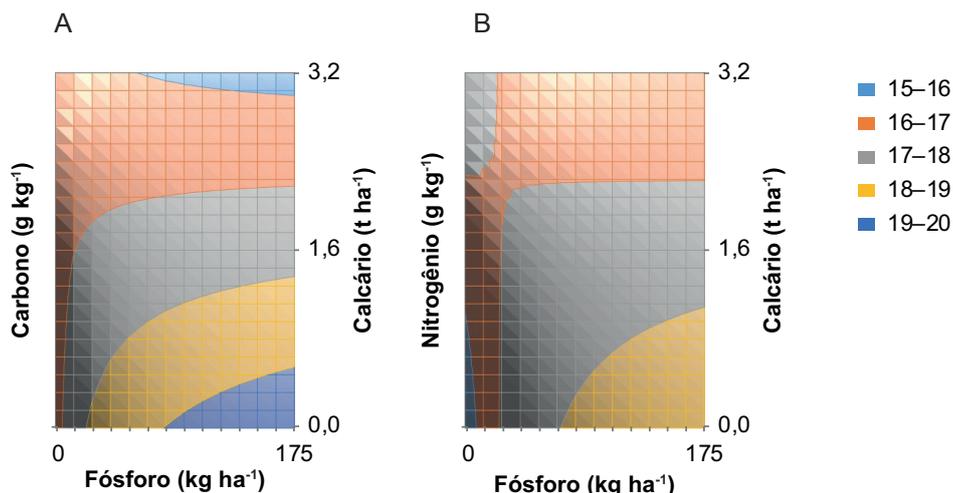
<sup>(2)</sup> A 'Basilisk' é referência da variável categórica cultivar, de modo que 'Basilisk' = 0 e 'BRS Paiaguás' = 1.

\*  $P < 0,05$ .

\*\*  $P < 0,01$ .

\*\*\*  $P < 0,001$ .

<sup>ns</sup> Não significativo  $P > 0,05$ .



**Figura 6.** Curva de contorno da regressão da concentração de carbono (A) e nitrogênio (B) no solo na camada 30 a 40 cm para a cultivar Paiaguás (*Brachiaria brizantha*) em função de doses de fósforo ( $P_{fert}$ ) e calcário (Cal) em Planaltina, DF.

Assim como para o C, a concentração de N no solo foi afetada pela camada, com valores mais elevados nas camadas 0 a 10 e 10 a 20 cm em relação às camadas 20 a 30 e 30 a 40 cm (Tabela 7). Houve resposta do N ao  $P_{fert}$  na camada 20 a 30 cm ( $P < 0,05$ ), positiva para a 'Basilisk' e negativa para a 'BRS Paiaguás', esta última em menor intensidade. Na camada 30 a 40 cm, houve efeito de  $P_{fert} \times \text{calcário} \times \text{Cultivar}$  ( $P < 0,05$ ), com valores de N da 'BRS Paiaguás' aumentando em função de  $P_{fert}$  apenas até doses intermediárias de calcário, ocorrendo o contrário também, ou seja, a concentração de N aumentou em função de calcário até doses iniciais de  $P_{fert}$  (Figura 6).

A queda na concentração de C causada pela calagem nas camadas 10 a 20 e 30 a 40 cm pode estar associada ao aumento da mineralização da matéria orgânica promovida pela atividade microbiana no solo, compensando os efeitos positivos do Ca sobre a estabilidade da matéria orgânica (Barreto et al., 2021). Os resultados também indicam a maior capacidade de exploração das camadas mais profundas do solo pela 'BRS Paiaguás', apresentando em média maior concentração de C provavelmente em razão do maior desenvolvimento das raízes. A ausência de efeitos mais expressivos da adubação fosfatada sobre o C total é coerente com dados da literatura (Sant-Anna et al., 2016), que veem no aumento das frações orgânica particulada e oriunda da biomassa microbiana o maior impacto do fertilizante fosfatado (Souza et al., 2016). A quantidade do fertilizante nitrogenado e potássico utilizado na manutenção por ano ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e  $\text{K}_2\text{O}$ ), inferior, por exemplo, aos  $230 \text{ kg ha}^{-1}$  de N utilizado por Soares et al. (1999), também pode ter limitado

a resposta ao  $P_{fert}$  em razão da elevada extração de N e K, especialmente na dose mais elevada de  $P_{fert}$ . Ressalta-se que a avaliação conduzida com desfolhação mecânica em parcelas experimentais praticamente elimina a deposição de tecidos mortos da planta no solo e, diferente do ocorrido em áreas sob pastejo, não gera perdas de forragem por pisoteio animal e acamamento, além do retorno de fezes e urina.

O estoque de carbono para a 'BRS Paiaguás', nas três primeiras camadas do solo (0 a 30 cm), foi de 74, 73 e 72  $\text{t ha}^{-1}$  para os tratamentos 0, 1,6 e de 3,2  $\text{t ha}^{-1}$  de calcário, respectivamente, independentemente de  $P_{fert}$ . Para a cultivar Basilisk, o estoque de C foi de 79, 75 e 71  $\text{t ha}^{-1}$  para os tratamentos 0, 1,6 e de 3,2  $\text{t ha}^{-1}$  de calcário na ausência de  $P_{fert}$  ( $0 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Na aplicação de  $26 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_{fert}$ , o estoque de C para a 'Basilisk' foi de 76, 74 e 72  $\text{t ha}^{-1}$  para os tratamentos 0, 1,6 e 3,2  $\text{t ha}^{-1}$  de calcário. Já na aplicação de  $175 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_{fert}$ , o estoque de C para a 'Basilisk' se manteve em 72  $\text{t ha}^{-1}$ , independentemente de calcário. Em pastagens puras e adubadas de gramíneas forrageiras tropicais (e.g. *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum*), o estoque de carbono no solo na camada 0 a 30 cm foi estimado em cerca de 45 a 68  $\text{t/ha}$  (Rosa et al., 2014, Sant-Anna, 2016, Segnini et al., 2019), inferior à média de 73  $\text{t ha}^{-1}$  verificada nas doses intermediárias de  $P_{fert}$  ( $26 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e calcário ( $1,6 \text{ t ha}^{-1}$ ) do presente estudo. Os valores médios mais elevados observados no presente estudo em relação aos encontrados na literatura podem ter limitado a resposta à correção do solo e à fertilização fosfatada.

## Conclusões

- 1) A 'BRS Paiaguás' é mais produtiva em relação à 'Basilisk', inclusive na ausência de adubação fosfatada e calagem, demonstrando a tolerância da 'BRS Paiaguás' a solos de baixa fertilidade e de elevada acidez.
- 2) A 'BRS Paiaguás' revelou-se mais eficiente no uso do  $P_{fert}$  em razão da sua maior capacidade produtiva.
- 3) As concentrações de C e N para a 'BRS Paiaguás' em camadas mais profundas do solo (30 a 40 cm) responderam positivamente à adubação fosfatada em doses baixas de calcário, superando os valores encontrados para a 'Basilisk'.

## Agradecimentos

À Associação para o Fomento à Pesquisa de Melhoramento de Forrageiras (Unipasto) pelo suporte financeiro destinado à execução do experimento.

## Referências

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Arlington, 1990.
- BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K.; HE, Z. L. Nutrient use efficiency in plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 32(7&8), p. 921-950, 2001.
- BARRETO, M. S. C.; ELZINGA, E. J.; RAMLOGAN, M.; ROUFF, A. A.; ALLEONI, L. R. F. Calcium enhances adsorption and thermal stability of organic compounds on soil minerals. **Chemical Geology**, v. 559, 119804, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2020.119804>.
- BITENCOURT, G. A.; CHIARI, L.; VALLE, C. B.; LAURA, V. A.; MORO, J. R. **Avaliação da tolerância de duas cultivares de braquiárias submetidas a doses crescentes de alumínio**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2012. 16 p. (Embrapa Gado de Corte. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 31).
- CARMO, C. A. F. S. do; NOGUEIRA, A. R. A.; OLIVEIRA, A. S.; ALMEIDA, D. G.; FERNANDES, F. D.; PITTA, G. V. E.; CARLOS, G. M.; OLIVEIRA, H.; MAMÃO, J. B.; ARMELIN, M. J. A.; SALDANHA, M. F. C.; MYAZAWA, M.; SCRAMIM, S.; BARRETO, W. O.; RUFINI, Y. A. Tecidos vegetais. In: NOGUEIRA, A. R. A.; MACHADO, P. L. O.; CARMO, C. A. F. S. do; FERREIRA, J. R. (ed.). **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. 1. Coleta, acondicionamento e preparo de amostras. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 1998. p. 32-42.
- COELHO, A. M.; PARENTONI, S. N.; SOUZA, F. A.; MARRIEL, I. E. **Tecnologias e estratégias para aumentar a eficiência de uso de reservas de fósforo acumuladas em Latossolo vermelho no Bioma Cerrado**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. 47 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 230).
- CORRÊA, L. A.; HAAG, H. P. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras em Latossolo vermelho amarelo álico: II. Experimento de campo. **Scientia Agricola**, v. 50, p. 109-116, 1993.
- COSTA, N. L.; JANK, L.; BENDAHAN, A. B.; MAGALHÃES, J. A.; RODRIGUES, B. H. N.; SANTOS, F. J. S. Adubação nitrogenada e fosfatada em cultivares de *Me-gathyrus maximus* nos cerrados de Roraima. **Contribuções a las Ciencias Sociales**, v. 16, p. 22177-22190, 2023.
- COSTA, N. L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A. **Efeito de níveis de nitrogênio e fósforo na recuperação de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 1996. (Embrapa Rondônia. Comunicado Técnico, 119).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. atual. Brasília, DF, 2017. 573 p.
- EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A.; DO VALLE, C. B.; NANTES, N. N. Animal performance and sward characteristics of two cultivars of *Brachiaria brizantha* (BRS Paiaguás and BRS Piatã). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 5, n. 3, p. 85-92, 2016.
- KARIA, C. T.; DUARTE, J. B.; ARAÚJO, A. C. G. **Desenvolvimento de cultivares do gênero *Brachiaria* (trin.) Griseb. no Brasil**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 58 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 163).
- LIMA, S. O.; FIDELIS, R. R.; COSTA, S. J. Avaliação de fontes e doses de fósforo no estabelecimento de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no sul do Tocantins. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, p. 100-105, 2007.
- LUZ, P. H. C.; ONOFRE SOBRINHO, E. M.; HERLING, V. R.; CONTI, R. M. C.; BRAGA, G. J.; LIMA, C. G. Efeitos de tipos e doses de calcário nas características químicas do solo e do capim-Tobiatã (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tobiatã). **Acta Scientiarum**, v. 23, p. 1091-1097, 2001.
- MARTHA JUNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 224 p.
- MONTAGNER, D. B.; ARAÚJO, A. R.; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; ANDRADE, R. A. S. **Potencial produtivo dos capins BRS Piatã e BRS Paiaguás em sistema de integração lavoura-pecuária**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2018. 28 p. (Embrapa Gado de Corte. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 39).

- MOORE, J. E.; MOTT, G. O. Recovery of residual organic matter from in vitro digestion of forages. **Journal of Dairy Science**, v. 57, p. 1258-1259, 1974.
- OLIVEIRA, C. A.; ALVES, V. M. C.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; SCOTTI, M. R.; CARNEIRO, N. P.; GUIMARÃES, C. T.; SCHAFFERT, R. E.; SÁ, N. M. H. Phosphate solubilizing microorganisms isolated from rhizosphere of maize cultivated in an oxisol of the Brazilian Cerrado Biome. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 41, p. 1782-1787, 2009.
- RAMOS, S. J.; FAQUIN, V.; RODRIGUES, C. R.; SILVA, C. A.; BOLDRIN, P. F. Biomass production and phosphorus use of forage grasses fertilized with two phosphorus sources. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 335-343, 2009.
- RAO, I. M.; MILES, J. W.; GRANOBLES, J. C. Differences in tolerance to infertile acid soil stress among germplasm accessions and genetic recombinants of the tropical forage grass genus, *Brachiaria*. **Field Crops Research**, v. 59 p. 43-52, 1998.
- ROSA, R.; SANO, E. E.; ROSENDO, J. S. Estoque de carbono em solos sob pastagens cultivadas na bacia hidrográfica do rio Paranaíba. **Sociedade & Natureza**, v. 26, p. 333-351, 2014.
- SANT-ANNA, S. A. C.; JANTALIA, C. P.; SÁ, J. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Changes in soil organic carbon during 22 years of pastures, cropping or integrated crop/livestock systems in the Brazilian Cerrado. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 108, p. 101-120, 2016.
- SAS INSTITUTE. **SAS® Studio**: Task Reference Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2020.
- SEGNINI, A.; XAVIER, A. A. P.; OTAVIANI-JUNIOR, P. L.; OLIVEIRA, P. A. O.; PEDROSO, A. F.; PRAES, M. F. F. M.; RODRIGUES, P. H. M.; MILORI, D. M. B. P. Soil carbon stock and humification in pastures under different levels of intensification in Brazil. **Scientia Agricola**, v. 76, n. 1, p. 33-40, 2019.
- SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.
- SOARES, W. V.; MACEDO, M. C. M.; VILELA, L.; SOUSA, O. C. **Resposta da *Brachiaria decumbens* 'Basilisk' ao fósforo e níveis críticos de P num Latossolo roxo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 25 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 4).
- SOUZA, G. P.; FIGUEIREDO, C. C.; SOUSA, D. M. G. Relationships between labile soil organic carbon fractions under different soil management systems. **Scientia Agricola**, v. 73, n. 6, p. 535-542, 2016.
- TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Grass and Forage Science**, v. 18, p. 104-111, 1963.
- VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; VALÉRIO, J. R.; FERNANDES, C. D.; MACEDO, M. C. M.; VERZIGNASSI, J. R.; MACHADO, L. A. Z. BRS Paiaguás: A new *Brachiaria* (*Urochloa*) cultivar for tropical pastures in Brazil. **Tropical Grasslands - Forajes Tropicales**, v. 1, p. 121-122, 2013.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583-3597, 1991.
- VOLPE, E.; MARCHETTI, M. E.; MACEDO, M. C. M.; LEMPP, B. Acúmulo de forragem e características do solo e da planta no estabelecimento de capim-massai com diferentes níveis de saturação por bases, fósforo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 228-237, 2008.
- XAVIER, D. F.; CARVALHO, M. M.; BOTREL, M. A.; VILELA, D. **Características e potencialidades de pastagens de braquiárias para produção de leite**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2002. 31 p. (Embrapa Gado de Leite. Série Documentos, 87).
- ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ALMEDIA, R. G. **Degradação, recuperação e renovação de pastagens**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2012. 42 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 189).