



ISSN: 2525-815X

Journal of Environmental Analysis and Progress

Journal homepage: www.jeap.ufrpe.br/

10.24221/jeap.9.1.2024.5249.038-049



Crescimento de *Urochloa brizantha* (syn. *Brachiaria*), sob diferentes fontes de adubações fosfatadas e graus de compactação do solo

Growth of *Urochloa brizantha* (syn. *Brachiaria*), under different sources of phosphate fertilization and degrees of soil compaction

Douglas William Batista Porto^a, André Cabral França^a, Miguel Henrique Rosa Franco^a, Eudes Neiva Júnior^a, Letícia Lopes de Oliveira^a

^a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri-UFVJM, Departamento de Ciências Agrárias, Campus JK. Rodovia MGT 367, Km 583, nº 5.000, Alto da Jacuba, Diamantina, Minas Gerais, Brasil. CEP:39100-000. E-mail: douglasw1996@hotmail.com, cabralfranca@yahoo.com.br, miguelmhfr@yahoo.com.br, eudesneiva@hotmail.com, leticialopeso@hotmail.com.

ARTICLE INFO

Recebido 27 Set 2022

Aceito 18 Jan 2024

Publicado 12 Mar 2024

ABSTRACT

The use of different phosphate sources for *Urochloa brizantha* species in compacted soils can be evidenced through growth variables. In this context, the study aimed to evaluate the effect of different sources of phosphorus on the growth of plants of *U. brizantha* cv. Marandu in soil with different degrees of compaction in the subsurface layer at different times of the year. The experiment was carried out in a greenhouse, with an experimental unit in a randomized block design arranged in a 2 x 4 factorial scheme, with four replications, referring to two degrees of compaction, 65% - uncompact soil and 85% - compacted soil; and four sources of phosphate fertilization: control treatment without fertilization, Monoammonium Phosphate (MAP), Pelleted Organomineral (OMP) and Granulated Organomineral (OMG). At 120 days for the winter period and 90 days for the summer period after sowing, analyses of chlorophyll *a/b* content were evaluated, including the number of leaves, number of tillers, plant height, dry matter of the part aerial, and root dry matter. The increase in soil compaction causes damage to root growth and consequently to the aerial part of the *U. brizantha* species. Phosphate fertilization using slow-release sources contributed to the growth analysis responses of *U. brizantha*, and phosphate fertilizer treatments with OMP and OMG become more efficient in supplying phosphorus and reducing damage caused by compaction, providing better results in compacted soils in growth analyses at both times of the year.

Keywords: Nutrients, phosphor, foragers, compression.

RESUMO

A utilização de fontes fosfatadas para espécie de *Urochloa brizantha* diante a solos compactados pode ser evidenciada por meio de variáveis de crescimento. Nesse contexto objetivou-se avaliar o efeito de diferentes fontes de fósforo no crescimento e desenvolvimento de plantas de *U. brizantha* cv. Marandu em um solo com diferentes graus de compactação na camada subsuperficial em diferentes épocas do ano. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento de blocos casualizados dispostos em esquema fatorial 2 x 4, com quatro repetições, referentes a dois graus de compactação, 65% - solo descompactado e 85% - solo compactado; e quatro condições de adubação fosfatada: tratamento controle sem adubação, fosfato monoamônico (MAP), organomineral peletizado (OMP) e organomineral granulado (OMG). Aos 120 dias, para o período de inverno, e 90 dias, para o período de verão após a semeadura, avaliaram-se o teor de clorofila *a/b*, determinaram-se o número de folhas, o número de perfilhos, a altura de planta, a massa seca da parte aérea e a massa seca da raiz. O aumento da compactação do solo acarretou danos nos crescimentos das raízes e, conseqüentemente, na parte aérea de *U. brizantha*. A



Journal of Environmental Analysis and Progress © 2016
is licensed under CC BY-NC-SA 4.0

adubação fosfatada, usando fontes de liberação lenta, contribuiu com as respostas de análise de crescimento de *U. brizantha*, sendo os tratamentos de adubação fosfatada com OMP e OMG mais eficientes no fornecimento de fósforo e diminuição dos danos causados pela compactação, proporcionando melhores resultados em solos compactados nas análises de crescimento em ambas as épocas do ano.

Palavras-Chave: Nutrientes, fósforo, forrageiras, compactação.

Introdução

Na formação de pastagem no Brasil pode-se destacar, como mais utilizadas, as plantas forrageiras do gênero *Urochloa* (syn. *Brachiaria*). Este gênero é responsável por, aproximadamente, 80 a 90% das pastagens presentes no Brasil (Souza et al., 2016). Entre as espécies do gênero, *U. decumbens* e *U. brizantha* apresentam alta preferência, por conferir vantagens como a alta produção de matéria seca, tolerância a solos ácidos e à baixa fertilidade (Almeida, 1998).

Urochloa brizantha é uma espécie forrageira, com crescimento em touceiras, os colmos são pilosos, apresenta boa digestibilidade, além de possuir características agrônomicas desejáveis como porte alto e alta adaptação a condições de média fertilidade (Crispim & Branco, 2002).

Há fatores como a compactação do solo que podem limitar o estabelecimento de pastagens e ocasionar sua degradação. A interferência causada por solos compactados é um importante fator na determinação do crescimento e no desenvolvimento das culturas. O aumento da densidade, reduzindo a aeração e a infiltração de água, acarreta prejuízos significativos na produtividade das áreas cultivadas (Albuquerque, 2001).

A compactação do solo em áreas de pastagem pode limitar a produção das gramíneas forrageiras. A redução na produção dessas plantas pode ser explicada pela limitação na absorção de nutrientes e pela alteração na nutrição mineral. Nitrogênio, fósforo e potássio fazem parte dos macronutrientes vegetais, desempenham funções importantes na adubação de espécies forrageiras, devido sua participação no custo de produção, bem como à tolerância das gramíneas à acidez dos solos. O fósforo se destaca na implantação, enquanto o nitrogênio e potássio desempenham funções na manutenção dessas plantas (Cabral et al., 2012).

A compactação do solo pode ocorrer de duas maneiras distintas, sendo elas superficial e subsuperficial. Quando ocorre nos horizontes mais superficiais do solo seus efeitos são momentaneamente negativos, porém ao passar pelo preparo do solo nos cultivos seguintes a camada arável é aliviada (Dias Junior & Pierce, 1996). Quando ocorre nas camadas mais profundas do solo, seus efeitos tendem a ser permanentes,

devido ao efeito, a curto prazo, do uso de implementos, como o subsolador. A compactação subsuperficial é causada, principalmente, pelo preparo do solo convencional e o intenso tráfego de máquinas e implementos agrícolas, criando camadas compactadas denominadas “pés de grade” (Silva, 1992).

Além da compactação outro fator limitante para o crescimento das plantas é a indisponibilidade de nutrientes. Entre os nutrientes essenciais para o bom desenvolvimento das forrageiras podemos destacar o fósforo. Isso porque grande parte dos solos brasileiros apresentam deficiência de fósforo e elevada capacidade de retenção desse nutriente em formas pouco disponíveis às plantas (Novais et al., 2007).

No Brasil os fertilizantes fosfatados totalmente acidulados são as fontes mais utilizadas. Esses, devido sua alta solubilidade, apresentam maior efeito imediato na produtividade das culturas (Ramos et al., 2009). No entanto a liberação rápida do nutriente para o solo pode contribuir para a adsorção e precipitação das formas solúveis pelos componentes do solo, tornando o fósforo indisponível para as plantas.

Nesse contexto, uma alternativa interessante são os fertilizantes de liberação lenta e controlada, como os organominerais, formados a partir da mistura de fertilizantes orgânicos e minerais em uma tecnologia para liberar de maneira gradual nutrientes como potássio e nitrogênio impedem a sua lixiviação, além de impedirem o contato imediato do fósforo com óxidos do solo reduzindo as perdas por adsorção (Aguiar et al., 2021). O uso de organominerais propicia melhorias em características físicas, químicas e biológicas, incremento na matéria orgânica e na fertilidade, estrutura, aeração além da melhor retenção de água no solo (Malaquias & Santos, 2016).

Desse modo, o estudo objetivou avaliar o efeito de diferentes fontes de fósforo no crescimento de plantas de *U. brizantha* cv. Marandu em diferentes épocas do ano e condições de compactação na camada subsuperficial do solo.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação do Departamento de Agronomia na Universidade Federal dos Vales do

Jequitinhonha e Mucuri-UFVJM, em Diamantina/MG, situada a 18°12'10.72" de latitude Sul e 43°34'21.00" de longitude Oeste e altitude 1.400 m, no período entre maio de 2020 (inverno) a março de 2021 (verão). Segundo a classificação climática de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Cwb,

caracterizado pelo clima quente e temperado, com temperatura média de 18.8°C e pluviosidade média anual de 1.498 mm, característico de inverno seco e verão úmido. A Figura 1 mostra as médias de umidade relativa e de temperatura no período em que os experimentos foram conduzidos.

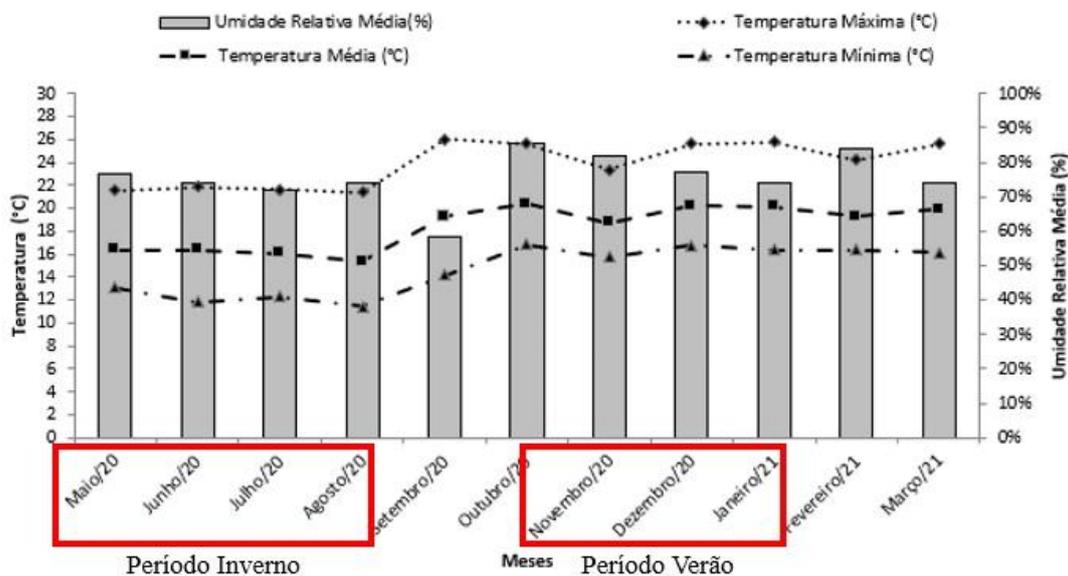


Figura 1. Umidade relativa média (%) e médias mensais de temperatura máxima (°C), temperatura média (°C) e temperatura mínima (°C), dos meses de maio de 2020 a março de 2021, em Diamantina, Minas Gerais, Brasil. Fonte: Porto et al. (2022).

O solo utilizado para os experimentos foi um Latossolo Vermelho-amarelo distrófico, de textura argilosa. Para os experimentos utilizou-se do esquema fatorial 2X4, disposto no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Foram avaliados dois graus de compactação; 65% (solo descompactado) e 85% (compactado), e quatro condições de adubação fosfatada: tratamento controle sem adição de adubo, adição de fosfato monoamônico (monoammonium phosphates- MAP) (11-52-00), adição de adubo organomineral pelletizado- OMP (06-30-00) e adição de adubo organomineral granulado- OMG (05-26-00) para doses de 100% equivalente a recomendação de adubação mineral de fósforo para a semeadura de *Urochloa* (Cantarutti et al., 1999). Os experimentos foram realizados em 2 períodos do ano, no inverno e verão.

Cada parcela experimental foi formada por uma coluna de tubo PVC de 150 mm de diâmetro e 30 cm de altura, composta por três anéis de 10 cm.

Para encontrar a quantidade de solo a ser compactado para se atingir os graus de compactação de 65% e 85% foi preciso determinar a densidade máxima do solo, obtida pelo ensaio de Proctor Normal (Stancati, Nogueira & Villar, 1981). No ensaio foram compactados seis corpos de prova em umidades crescentes. A compactação

dos corpos de prova foi realizada em três camadas, que receberam 25 golpes do martelo utilizado no ensaio de Proctor Normal (Stancati, Nogueira & Villar, 1981) e os corpos de prova foram pesados com volume conhecido. Coletou-se uma amostra de cada corpo de prova para encontrar a umidade.

A densidade natural do solo foi obtida pelo método do anel volumétrico descrito por Blake & Hartge (1986). Os valores de umidade e densidade do solo, foram plotados os pontos, obtendo, com uso do *software* Microsoft Excel, as regressões que melhor se ajustaram a esses pontos determinados no ponto máximo da função, obtendo a densidade máxima (DsMáx) e a umidade ótima (UÓt) de compactação por meio das expressões $DsMáx = -B/2A$ e $UÓt = -(B^2-4AC)/4A$, sendo A, B e C os coeficientes de ajuste das equações, para a obtenção da densidade máxima e umidade ótima de compactação.

O grau de compactação pode ser determinado pela razão entre a densidade natural do solo e a densidade máxima obtida pelo ensaio de Proctor Normal, multiplicada por 100, ou seja: $GC = (Densidade\ do\ solo\ no\ campo \times 100) / Densidade\ Máxima\ do\ Proctor\ Normal$.

Como se tinha estipulado os graus de compactação (65% e 85%) a serem utilizados e se determinou a densidade máxima do solo e o

volume do anel de PVC, pôde-se calcular a massa de solo a ser colocada dentro de cada anel.

Proseguiu-se a etapa de preenchimento das colunas com solo, apenas quando as camadas de 10-20 cm e de 20-30 cm foram compactadas. A adubação foi realizada na camada de 0-10 cm, pouco antes da semeadura, conforme descrito por Guimarães et al. (1999). Realizou-se o estabelecimento de uma planta de *U. brizantha* cv. Marandu em cada coluna. Sendo assim, pôde-se simular o preparo convencional do solo que ocorre frequentemente na implantação de pastagens, onde a camada superficial passa pelas operações de aração e gradagem e a camada subsuperficial sofre forte compactação.

As análises de crescimento nas plantas de braquiária iniciaram-se após 120 dias da semeadura para o período de inverno e 90 dias da semeadura para o período de verão. As análises realizadas foram: altura de plantas, número de folhas, número de perfilhos, massa seca da parte aérea e do sistema radicular, assim como os teores de clorofila.

Para determinar a altura das plantas utilizou-se uma régua, efetuando as medidas entre a base e o ápice das plantas.

Os teores de clorofila foram aferidos com uso do equipamento ClorofiLOG – CFL1030, sendo que as medições foram feitas em duas folhas por planta.

As folhas foram coletadas e colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até atingirem peso constante, para então ser realizada a determinação da massa seca. As raízes foram separadas por anel e só foram levadas à estufa após as análises.

Os experimentos foram avaliados de modo individual, e não houve comparação entre as épocas de instalação dos mesmos. Os dados obtidos nos experimentos foram submetidos a análise de

variância pelo teste F e, quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Observou-se efeito significativo ($p < 0,05$) para a interação entre as fontes de fósforo e os graus de compactação do solo sobre as variáveis número de folhas, número de perfilho, altura de planta, matéria seca da parte aérea, matéria seca do sistema radicular nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm e total e para a variável resistência do solo a penetração em ambas as épocas do ano (inverno e verão).

Enquanto no teor de clorofila verificou-se que para a clorofila *a* apenas a adubação proporcionou resultados significativos e para a variável clorofila *b*, não foram obtidos resultados significativos. A adubação fosfatada utilizando tecnologias de liberação lenta e controlada associada a uma maior dificuldade de aprofundamento do sistema radicular pode ter contribuído para o desenvolvimento de plantas de *U. brizantha* cv Marandu em diferentes épocas do ano sob diferentes graus de compactação do solo, sendo as adubações fosfatadas com OMP e OMG, os tratamentos mais eficientes em aumentar o fornecimento de fósforo para a planta e diminuir os efeitos e danos causados pela compactação do solo.

Para o fator fontes de fósforo, onde houve significância estatística para a variável teor de clorofila *a*, observou-se que as maiores médias foram obtidas para os tratamentos MAP, OMP e OMG para o grau de compactação de 65% em ambas as épocas do ano e para o grau de compactação 85% no período mais quente do ano (verão), para o período de inverno para o grau de compactação de 85%, a maior média foi para o tratamento OMG (Tabela 1).

Tabela 1. Teor de clorofila *a* e *b* de plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, sob diferentes fontes de adubação fosfatada, dois graus de compactação do solo em duas épocas do ano (inverno e verão). Fonte: Porto et al. (2022).

Adubação	Clorofila <i>a</i> - inverno		Clorofila <i>b</i> - inverno		
	Grau de compactação do solo		Grau de compactação do solo		
	65%	85%	65%	85%	
Controle	23,60 b	21,10 c	5,08 a	5,93 a	
MAP	28,10 a	28,23 b	6,73 a	6,05 a	
OMP	30,98 a	31,28 ab	7,13 a	7,55 a	
OMG	31,10 a	32,30 a	6,53 a	6,83 a	
Média	28,33		6,48		
CV	6,58		6,48		
	Clorofila <i>a</i> - verão		Teor de clorofila <i>b</i> - verão		
	Controle	22,78 b	19,15 b	4,89 a	4,74 a
	MAP	27,83 a	27,73 a	5,78 a	5,40 a
	OMP	32,43 a	30,83 a	5,48 a	5,28 a
	OMG	32,13 a	28,53 a	5,53 a	5,63 a

Média	27,67	5,34
CV	9,17	11,92

Controle = sem adição de adubo; MAP = adubado com fosfato monoamônico convencional; OMP = adubado com organomineral peletizado; OMG = adubado com organomineral granulado. Médias seguidas por letras iguais minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

É importante destacar nessa variável o incremento que foi proporcionado pela adubação com os fertilizantes organominerais nas plantas cultivadas em ambientes compactados, tendo em vista que essas fontes obtiveram destaques significativos, quando comparados com o tratamento controle, mostrando a importância da adubação, principalmente em áreas de renovação de pastagens.

Com a compactação do solo a região explorada pelas raízes é menor, desse modo a disponibilidade dos fertilizantes se torna um fator de grande importância, pois a menor perda do nutriente para o solo permite um melhor aproveitamento da planta e conseqüentemente uma melhor resposta em atributos fisiológicas, mesmo se tratando de condições e ambientes desfavoráveis ao seu crescimento (inverno).

Mensurar o conteúdo de clorofila nas folhas das plantas é importante devido ao fato desse pigmento estar diretamente relacionado com a eficiência fotossintética da planta e, conseqüentemente, com o crescimento e desenvolvimento da mesma. O estresse causado pela compactação do solo juntamente com fontes fosfatadas menos eficientes, interferem de maneira negativa no teor de clorofila, conseqüentemente irá prejudicar a eficiência do aparelho fotossintético das plantas forrageiras impedindo um bom desenvolvimento das plantas. A redução dos teores de clorofila das folhas é um demonstrativo de estresse pelas plantas, este fato modifica a assimilação de CO₂, alterando negativamente a atividade fotossintética (Baker & Rosenqvist, 2004). Um bom aproveitamento da radiação disponível por pigmentos como as clorofilas podem resultar em uma alta eficiência fotossintética das plantas, incrementando para a cultura um melhor crescimento e produtividade (Kluge et al., 2015).

A utilização do adubo OMG em plantas de *U. brizantha* cv Marandu sob grau de compactação de 85%, proporcionou um acréscimo de até 53,08 e 14% no teor de clorofila *a*, com relação ao tratamento controle e MAP, respectivamente, para o período de inverno. No período de verão, em uma condição de estresse (solo compactado) ao grau de compactação de 85%, o tratamento OMP apresentou um incremento de 60,99%, comparado ao tratamento controle para a variável clorofila *a*. Para o mesmo período, entre as fontes

organomineiras não foi possível verificar diferença estatística. Mesmo se tratando de maneira similares na forma de liberação dos nutrientes e tendo como base de suas composições o MAP a matéria orgânica presente nos adubos são diferentes, onde o OMP tem como base a torta de filtro de usinas de etanol, o OMG tem em sua composição os materiais oriundos da celulose de usinas de papel.

A capacidade fotossintética das plantas de *U. brizantha* também está relacionada como teores de clorofila presentes na cultura, dessa forma o aumento ou redução desses teores podem afetar positivamente ou negativamente o crescimento e desenvolvimento dessas plantas, principalmente se tratando de uma cultura de metabolismo C₄, onde estão diretamente condicionadas ao fator luminosidade. A maior eficiência na absorção de P pelas plantas proporcionado pela adubação protegida pode ter contribuído para o aumento dos teores de clorofila presente nas folhas, evidenciando que a adubação e o fornecimento adequado do nutriente podem favorecer os processos fotossintéticos mesmo em condições não adequadas para o crescimento das plantas.

As substâncias húmicas presentes nos fertilizantes organomineiras podem afetar de maneira positiva o desenvolvimento das plantas, proporcionando aumento da eficiência fotossintética e absorção de nutrientes. Essas substâncias possuem a capacidade de atuar no metabolismo da planta, proporcionando à mesma maior síntese de ATP, aumento no conteúdo de clorofila e absorção de nitrogênio, fósforo e potássio induzindo o crescimento (Rosa et al., 2009).

Para a variável número de folhas (NF) (Tabela 2), apenas o tratamento MAP não obteve diferença estatística para os graus de compactação no período de inverno. No verão, todos os tratamentos referentes ao grau de compactação de 65% foram estatisticamente superiores ao grau de compactação de 85%. Destacam-se para a variável no período de inverno os tratamentos OMG e OMP, que apresentaram, respectivamente, os incrementos de 32,79% e 20,24%, para o grau de compactação de 65% e incrementos de 32,88%, 17,11% para o grau de compactação de 85%, quando comparados com o MAP. No período do ano referente ao verão, destaca-se o tratamento OMG com a maior média para ambos os graus de compactação.

Tabela 2. Número de folhas e número de perfilhos de plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, sob diferentes fontes de adubação fosfatada, dois graus de compactação do solo, em duas épocas do ano (inverno e verão). Fonte: Porto et al. (2022).

Adubação	Número de folhas - inverno		Número de perfilhos - inverno	
	Grau de compactação do solo		Grau de compactação do solo	
	65%	85%	65%	85%
Controle	53,00 b	44,50* c	11,75 c	10,25 c
MAP	61,75 b	55,50 b	15,50 b	14,25 b
OMP	74,25 a	65,00* a	21,25 a	19,50 a
OMG	82,00 a	73,75* a	21,25 a	20,00 a
Média	63,72		16,72	
CV	7,00		9,27	
Adubação	Número de folhas - verão		Número de perfilhos - verão	
	Grau de compactação do solo		Grau de compactação do solo	
	65%	85%	65%	85%
Controle	22,50 d	20,25* d	5,00 b	4,50 c
MAP	33,25 c	28,50* c	6,50 ab	5,50 bc
OMP	39,00 b	36,75* b	7,75 a	6,75 ab
OMG	42,00 a	39,50* a	8,00 a	7,50 a
Média	32,72		6,44	
CV	3,62		14,92	

Controle = ausência de adubação; MAP = fosfato monoamônico convencional; OMP = organomineral peletizado; OMG = organomineral granulado. Médias seguidas por letras iguais minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas por (*) diferem entre si na linha, pelo teste F ($p < 0,05$) de significância.

Considerando a variável NF, é possível perceber que no inverno nem todas as espécies obtiveram diferença para os graus de compactação, visto que no verão todos os tratamentos foram diferentes. Desse modo, podemos concluir que, por se tratar de uma planta que possui metabolismo C4, no verão, quando se apresentam as maiores temperaturas médias, as plantas se comportaram de maneira a tentar explorar o máximo do solo.

Segundo Patês et al. (2007), a adubação fosfatada não interfere no número de folhas de plantas forrageiras, esse crescimento está associado a fontes nitrogenadas ou a fixação de nitrogênio por organismos, não havendo relação direta com o nutriente fósforo. Porém, a não realização da adubação fosfatada para a cultura, ou a baixa eficiência da fonte utilizada, pode induzir a planta a utilizar o fósforo disponível na solução apenas para a sua manutenção, o que pode ocasionar a interrupção ou o baixo surgimento de perfilhos, novas folhas e interferir em seu crescimento (Cecato et al., 2007; Duarte et al., 2016).

Segundo estudo realizado por Duarte et al. (2019), em plantas de capim Piatã, a fonte de solubilidade mista, ou seja, fonte de fósforo que atua de maneira gradual na liberação, apresentou resultados satisfatórios para a variável número de folhas, concluindo que devido a forma contínua de liberação do nutriente, houve o acréscimo positivo para aumento da variável.

Considerando o presente estudo, os melhores resultados encontrados para as fontes de

adubação fosfatada de liberação lenta e gradual como o OMP e o OMG pode ser explicada por suas tecnologias, que permitem a liberação controlada para as plantas, não permitindo a ligação desses nutrientes com os colóides dos solos, proporcionando a manutenção da fertilidade para o longo prazo e, conseqüentemente, um melhor desenvolvimento das plantas, o que não acontece com a fonte mineral de liberação rápida (MAP).

Com relação ao número de perfilhos (NP), não observou diferença significativa entre os graus de compactação (65 e 85%). Observou-se que para o período de inverno, em ambos os graus de compactação, apresentaram as melhores médias os tratamentos com fontes organominerais (OMP e OMG) onde, para o grau de compactação de 65%, apresentaram incremento de 37,09%, quando comparado com a fonte mineral de pronta liberação (MAP) e, para o grau de compactação 85%, apresentaram o incremento de 40,35% (OMG) e 36,84% (OMP), comparado com o MAP.

O fósforo é um nutriente fundamental para o estabelecimento de plantas forrageiras e a formação de pastagem, sendo responsável por até 80% da emissão de perfilhos (Mesquita et al., 2010). O perfilhamento de plantas, entre outros fatores, é influenciado pela adubação, principalmente pela nitrogenada e fosfatada (Libra et al., 1994). Nesse contexto, a disponibilidade do nutriente fósforo (P) no solo, torna-se determinante para a produção de perfilhos (Frazão, 1997).

No período do verão, considerando o grau de compactação de 65%, os tratamentos OMG, OMP e MAP, não apresentaram diferenças ($p < 0,05$) para a variável NP, onde a maior média foi observada pelo organomineral granulado (8,00). Considerando o grau de compactação de 85%, os tratamentos com fontes organominerais (OMG e OMP) se destacaram com as maiores médias.

Segundo Lopes et al. (2014), a maior disponibilidade causada pelos adubos organominerais, estimulam a quebra de gemas dormentes permitindo o maior perfilhamento das plantas forrageiras. Na prática, é comum o estabelecimento de espécies forrageiras em solos com baixas disponibilidade do nutriente fósforo, o que resulta em baixo perfilhamento e baixa produção de massa seca (Ourives, 2010).

Em estudo realizado por Monteiro et al. (1995), utilizando cultivo da *B. brizantha* cv. Marandu, em solução nutritiva, verificaram que, com a omissão de fósforo, as plantas se mostraram

raquíticas e sem perfilhos laterais, demonstrando a importância deste nutriente na composição nutricional das plantas forrageiras, visando uma boa produção.

Observou-se que para a altura de plantas (Tabela 3), no período com as menores temperaturas médias do ano, houve diferença significativa entre os graus de compactação para os tratamentos MAP e OMG. Não foi observada significância estatística ($p < 0,05$) para a adubação entre os tratamentos MAP, OMP e OMG, em ambos os graus de compactação. Considerando 65%, o tratamento OMG apresentou a maior média (65,08) para a variável altura, quando comparado com o tratamento controle, sem adubação, mostrando um incremento de 19,96% relativo a esta variável. Contudo, para a condição de estresse, causado e representado pelo grau de 85%, destacou-se o tratamento com fonte de fosforo OMP, com média de 60,08 e incremento de 17,68%, quando comparado com o tratamento sem adubação.

Tabela 3. Altura de plantas (AP) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, sob diferentes fontes de adubação fosfatada, dois graus de compactação do solo em duas épocas do ano (Inverno e Verão). Fonte: Porto et al. (2022).

Adubação	Altura de Plantas (cm)		Matéria seca da parte aérea (g)	
	Inverno		Inverno	
	Grau de compactação do solo		Grau de compactação do solo	
	65%	85%	65%	85%
Controle	54,25 b	51,05 b	27,43 b	18,32* c
MAP	62,18 ab	55,53* ab	39,70 a	34,13* b
OMP	63,75 a	60,08 a	44,18 a	40,14* a
OMG	65,08 a	58,10* ab	43,81 a	41,89 a
Média	58,75		36,20	
CV	6,89		6,50	
Adubação	Altura de Plantas (cm)		Matéria seca da parte aérea (g)	
	Verão		verão	
	Grau de compactação do solo		Grau de compactação do solo	
	65%	85%	65%	85%
Controle	79,53 a	67,83* b	12,43 c	11,30 c
MAP	82,25 a	81,10 a	16,58 b	14,80* b
OMP	81,58 a	78,08 a	21,25 a	19,52 a
OMG	88,63 a	82,55 a	23,50 a	21,22* a
Média	80,19		17,57	
CV	5,83		6,73	

Controle: ausência de adubação; MAP: fosfato monoamônico convencional (11-52-00); OMP: organomineral peletizado (06-30-00); OMG: organomineral granulado (05-26-00). Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas por (*) diferem entre si na linha, pelo teste F ($p < 0,05$) de significância.

Considerando o período com maiores médias de temperatura do ano, não houve diferença ($p < 0,05$) para as adubações em um grau de compactação de 65%. No entanto, para o solo compactado (85%), os tratamentos MAP, OMP e OMG diferiram do tratamento controle em adubação ($p < 0,05$). Entre as gruas de compactação,

apenas o tratamento sem adubação se diferenciou estatisticamente.

O estudo da variável altura de plantas fornece estimativas do crescimento e desenvolvimento inicial das culturas no campo. Em relação à estrutura, plantas de maior porte demonstram maior competitividade com as demais plantas, devido à vantagem que possuem na

captação da radiação solar, principalmente aquelas com metabolismo C₄ (Lamego et al., 2013). Contudo, estas características possuem a capacidade de ser facilmente influenciadas por algumas práticas de manejo, como as fontes de adubação utilizada.

A altura de plantas também está diretamente relacionada com a época de corte da espécie forrageira, ou a entrada de animais na área, tendo em vista que esse momento para o pecuarista é de suma importância.

Os fertilizantes organominerais possuem nutrientes associados a compostos orgânicos, o que lhes confere menor disponibilidade no início. Entretanto, uma liberação, de forma gradual, ao longo do tempo, permite um melhor aproveitamento dos nutrientes pela planta.

Em estudo realizado por Oliveira (2017), foi possível verificar o efeito de compostos organominerais para a variável altura de plantas de *U. brizantha*, onde a fonte de adubação fosfata apresentou acréscimos nas plantas, que variam de 17,60 a 50%, quando comparadas ao tratamento controle sem adubação, corroborando o presente estudo. Resultados superiores para fontes de adubação fosfata também foram encontrados por Silva et al. (2020), que, ao analisarem o crescimento de plantas de *U. brizantha* cv. Xaraés, verificaram que as fontes organominerais proporcionaram maior altura de planta no 1º corte, quando comparada com adubação mineral e sem adubação. É importante destacar que, mesmo sob uma condição de estresse, em solos compactados, as plantas de *B. brizantha* cv. Marandu apresentaram valores médios satisfatórios, ressaltando que a nutrição equilibrada na cultura permite desempenho agrônomico positivos mesmo em condições adversas ao seu desenvolvimento.

Considerando a variável matéria seca da parte aérea (MSPA), os tratamentos controle, MAP e OMP apresentaram diferença significativa com relação aos graus de compactação. Para as fontes de adubação destacaram os tratamentos MAP, OMP e OMG que foram estatisticamente superiores ao tratamento controle com incrementos que variam 44,73 a 59,71%, para o período de inverno. No período de verão destacaram-se os

tratamentos que possuíam fontes organominerais, estes foram superiores, estatisticamente, em ambos os graus de compactação. Essas estratégias de adubação de melhor desempenho permitiram incrementos na variável MSPA, em relação a adubação mineral (MAP), que variam de 28,13 a 41,73% para o grau de compactação de 65% e 31,89 a 43,37% para solos compactados a 85%. Estes resultados demonstram que os fertilizantes organominerais são alternativas viáveis para minimizar o impacto do solo em camadas subsuperficiais.

Em estudo realizado por Cabral et al. (2012), a compactação presente no solo reduziu a absorção de nutrientes como fósforo, nitrogênio e potássio, o que impactou no desenvolvimento de *U. brizantha* cv. Piatã e *Panicum maximum* cv. Mombaça. Segundo Porto et al. (2012), o fósforo atua na divisão celular, sendo assim fundamental na formação do dossel de plantas forrageiras. Desse modo, sua indisponibilidade para a planta provavelmente afetará na produção de matéria seca da parte aérea.

Os resultados positivos encontrados para a variável nos tratamentos OMP e OMG podem estar relacionados com o modo destes fertilizantes disponibilizarem o nutriente. Segundo Barcelos (2019), a adubação com fertilizantes organominerais demonstra uma excelente alternativa para a agricultura, principalmente, pela presença da matéria orgânica em sua composição, que atua diretamente na disponibilidade de nutrientes. A matéria orgânica presente nos fertilizantes também pode atuar no bloqueio dos sítios de adsorção do fósforo, proporcionando um aumento na disponibilidade do nutriente para as plantas (Matias et al., 2010).

Considerando a variável matéria seca da raiz (MSR) (Tabela 4) observada no inverno, para a profundidade de 0 a 10 cm apenas para o tratamento OMP houve diferença significativa entre os graus de compactação. Esse resultado era esperado uma vez que essa camada superficial não foi sujeita a compactação do solo. Para a profundidade de 10 a 20 cm, apenas MAP e Controle não foram superiores significativamente no grau de 65% em relação ao de 85%.

Tabela 4. Matéria seca da raiz (MSR) de plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, sob diferentes fontes de adubação fosfatada e dois graus de compactação do solo em duas épocas do ano (Inverno e Verão). Fonte: Porto et al. (2022).

Massa seca da raiz (g)			
inverno			
Profundidade (cm)	Adubação	Grau de Compactação	
		65%	85%
0 - 10	Controle	51,57 c	45,94 c
	MAP	65,65 b	64,87 b

	OMP	99,66 a	90,40* a
	OMG	94,97 a	89,39 a
	Média	75,31	
	CV	6,56	
10 - 20	Controle	13,19 c	11,74 b
	MAP	23,33 b	17,44 b
	OMP	49,88 a	34,14* a
	OMG	48,71 a	35,27* a
	Média	29,21	
	CV	14,96	
20 - 30	Controle	12,34 c	4,06* c
	MAP	23,08 b	9,46* b
	OMP	47,11 a	23,21* a
	OMG	44,08 a	25,38* a
	Média	23,59	
	CV	9,72	
Total	Controle	77,10 c	61,74* c
	MAP	112,05 b	91,77* b
	OMP	196,65 a	147,75* a
	OMG	187,76 a	150,04* a
	Média	128,11	
	CV	5,53	
Massa seca da raiz (g) verão			
0 - 10	Controle	12,53 c	12,88 c
	MAP	16,87 b	16,98 b
	OMP	20,10 ab	21,04 a
	OMG	21,99 a	22,34 a
	Média	18,09	
	CV	10,55	
10 - 20	Controle	8,36 b	4,37* b
	MAP	13,62 a	7,16* a
	OMP	14,98 a	7,51* a
	OMG	15,84 a	8,94* a
	Média	10,10	
	CV	13,88	
20 - 30	Controle	9,22 c	4,13* b
	MAP	21,29 a	5,74* ab
	OMP	18,77 a	7,18* a
	OMG	13,26 b	7,68* a
	Média	10,91	
	CV	12,20	
Total	Controle	30,11 b	21,38* c
	MAP	51,78 a	29,88* b
	OMP	53,85 a	35,73* ab
	OMG	51,08 a	38,95* a
	Média	39,09	
	CV	7,91	

Controle = ausência de adubação; MAP = fosfato monoamônico convencional (11-52-00); OMP = organomineral peletizado (06-30-00); OMG = organomineral granulado (05-26-00). Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas por (*) diferem entre si na linha, pelo teste F ($p < 0,05$) de significância.

Considerando a matéria seca da raiz coletada fragmentada de 20 a 30 cm e a coletada

totalmente na coluna 0-30 foram observadas diferenças estatísticas ($p < 0,05$) entre os graus de

compactação. Essa superioridade era esperada, uma vez que, vários são os estudos que relacionam uma menor produção de raízes ao aumento da compactação do solo. Em estudo realizado por Medeiros et al. (2005), os autores descrevem que a compactação do solo diminui o volume de macroporos, porém os microporos não sofrem tanta interferência. Desse modo, o crescimento das raízes é prejudicado pela diminuição dos macroporos, onde ocorre a redução da quantidade de oxigênio, redução da taxa de mineralização da matéria orgânica, disseminação lenta de nutrientes e de oxigênio do solo e consequentemente aumento da resistência a penetração das raízes. Esses fatores são extremamente prejudiciais ao desenvolvimento das culturas, tendo em vista que, a preservação e manutenção das características físicas dos solos é de suma importância quando assunto é crescimento das plantas e produtividade.

O crescimento das raízes em plantas forrageiras está estritamente ligado às características físicas, biológicas e químicas do solo (Cecato et al., 2001). Desse modo, principalmente em pastagens, este crescimento radicular pode ser afetado por questões associadas ao manejo, tendo em vista que áreas de pastejos intensivos podem reduzir a quantidade percentual de macroporos presentes no solo e aumentar a densidade do mesmo devido ao pisoteio dos animais (Cunha et al., 2010).

No período frio do ano (inverno), para todas as profundidades e para ambos os graus de compactação, os fertilizantes organominerais (OMP e OMG) se destacaram como os melhores tratamentos, sendo superiores, estatisticamente, aos demais tratamentos na variável resposta MSR. Esses resultados corroboram os encontrados por Oliveira (2017), onde os tratamentos que possuíam maior quantidade de matéria orgânica nos fertilizantes promoveram maior produção de matéria seca e volume de raízes. Segundo o autor, o destaque desses fertilizantes está relacionado com a melhor absorção de nutrientes, em especial nitrogênio e fósforo, proporcionado por essas fontes.

Considerando a variável Massa Seca da Raiz (MSR) (Tabela 4) na estação verão, para a profundidade de 0 a 10 não houve diferença significativa entre os graus de compactação. Para a profundidade de 10 a 20 cm, 20 a 30 cm e total todos os tratamentos foram superiores significativamente no grau compactação de 65% em relação ao de 85%.

No período mais quente do ano (verão), para a profundidade de 0 a 10 cm, os tratamentos OMP e OMG obtiveram as maiores médias para ambos os graus de compactação. Na profundidade

de 10 a 20 cm foi observado que os melhores tratamentos para os dois graus de compactação foram OMG, OMP e MAP, onde, respectivamente, os tratamentos apresentaram incremento de 89,47%, 79,18 e 62,91 para o grau de compactação 65% e 104,57%, 71,85 e 63,84 para 85%.

Considerando a profundidade de 20 a 30 cm para o grau de compactação 65% os tratamentos com maiores médias foram atribuídos aos fertilizantes ao MAP (21,29) e OMP (18,77), para o grau de compactação 85% as fontes OMG (7,68), OMP (7,18) e MAP (5,74) obtiveram maiores médias e deferiram, significativamente, do tratamento controle. Para o total, contabilizando todas as profundidades das variáveis matéria seca da raiz, em um grau de compactação de 65% no período mais quente do ano, os tratamentos OMP, OMG e MAP apresentaram significância estatística ($p < 0,05$), comparados com o tratamento controle, para o grau de compactação de 85% s os tratamentos com os fertilizantes organominerais OMG (38,95) e OMP (35,73) apresentaram maiores médias para a variável, representando incrementos de 82,17% e 67,11%, respectivamente, comparado com o tratamento controle.

Conclusão

O aumento do grau de compactação do solo prejudica a produção de raízes e, consequentemente, na parte aérea da espécie de *U. brizantha*.

A adubação fosfatada utilizando fontes de liberação lenta contribuiu com as respostas de análise de crescimento da espécie *U. brizantha*, sendo adubações fosfatadas com Organomineral peletizado e Organomineral granulado, os tratamentos mais eficientes para o desenvolvimento das plantas e na diminuição de danos causados pela compactação do solo, proporcionando melhores resultados em solos compactados nas análises de crescimento em ambas estações do ano.

Referências

- Aguiar, F. R.; França, A. C.; Cruz, R. S.; Sardinha, L. T.; Machado, C. M. M.; Ferreira, B. O.; Araújo, F. H. V. 2021. Produção e qualidade de beterrabas submetidas a diferentes manejos de adubação e efeito residual na produção de milho cultivado em sucessão. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 6, (1), 060-070.
- Albuquerque, J. A. 2001. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. *Santa Catarina*, 718p.

- Almeida, J. C. R. 1998. Combinação de doses de fósforo e magnésio na produção e nutrição de duas braquiárias. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 81p.
- Baker, N. R.; Rosenqvist, E. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany*, 55, 1607-1621.
- Barcelos, M. N. et al. 2019. Fontes orgânicas na composição de fertilizantes organominerais peletizados para a cultura do sorgo. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Uberlândia, pp. 41-51.
- Cabral, C. E. A.; Silva, E. M. B.; Bonelli, E. A.; Silva, T. J. A. da.; Cabral, C. H. A.; Scaramuzza, W. L. M. P. 2012. Compactação do solo e macronutrientes primários na *Brachiaria brizantha* cv. Piatã e *Panicum maximum* cv. Mombaça. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16, 4, 362-367.
- Cecato, U.; Cano, C. C. P.; Bortolo, M.; Herling, V. R.; Canto, M. W.; Castro, C. R. C. 2001. Teores de carboidratos não-estruturais, nitrogênio total e peso de raízes em Coastacross-1 (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) pastejado por ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30, 3, 644-650.
- Cecato, U.; Skrobot, V. D.; Fakir, G. M.; Jobim, C. C.; Branco, A. F.; Galbeiro, S.; Janeiro, V. 2007. Características morfogênicas do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) adubado com fontes de fósforo, sob pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 6, 1699-1706.
- Costa, A. M.; Borges, E. N.; Silva, A. A.; Nolla, A.; Guimarães, E. C. 2009. Potencial de recuperação física de um Latossolo Vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. *Ciência e Agrotecnologia*, 33, 1991-1998.
- Crispim, S. M. A.; Branco, O. D. 2002. Aspectos gerais das braquiárias e suas características na sub-região da Nhecolândia, Pantanal, MS. Corumbá-MS: Embrapa Pantanal. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 33, 25p.
- Cunha, F. F.; Ramos, M. M.; Alencar, C. A. B.; Martins, C. E.; Cóser, A. C.; Oliveira, R. A. 2010. Sistema radicular de seis gramíneas irrigadas em diferentes adubações nitrogenadas e manejos. *Acta Scientiarum Agronomy*, 32, 2, 351-357.
- Dias Junior, M. S.; Pierce, F. J. 1996. O processo de compactação do solo e sua modelagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 20, 175-182.
- Duarte, C. F. D. et al. 2019. Capim tropical manejado sob lotação intermitente, submetido a fontes de fósforo com diferentes solubilidades, associados ou não à adubação com nitrogênio. *Ciência Animal Brasileira*, 20, 1-15, e-47692.
- Duarte, C. F. D.; Paiva, L. M.; Fernandes, H. J.; Cassaro, L. H.; Breure, M. F.; Prochera, D. L.; Biserra, T. T. 2016. Capim-piatã adubado com diferentes fontes de fósforo. *Revista Investigação*, 15, 4, 58-63.
- Frazão, J. J. 1997. Eficiência agrônômica de fertilizantes organominerais granulados à base de cama de frango e fontes de fósforo. *Science*, 162, 785-797.
- Guimaraes, P. T. G. et al. 1999. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, pp. 289-302.
- Haynes, R. J.; Graham, M. H. 2004. Soil biology and biochemistry - a new direction for South African soil science. *South African Journal of Plant and Soil*, 21, 1, 330-344. <https://doi.org/10.1080/02571862.2004.10635068>
- Kluge, R. A.; Tezotto-Uliana, J. V.; Silva, P. P. M. 2015. Aspectos Fisiológicos E Ambientais da Fotossíntese. *Rev. Virtual de Química*, 7, 1, 56-73.
- Lamego, F. P.; Ruchel, Q.; Kaspary, T. E.; Gallon, M.; Basso, C. J.; Santi, A. L. 2013. Habilidade competitiva de cultivares de trigo com plantas daninhas. *Planta daninha*, 31, 521-531.
- Libra, M. A.; Farias, I.; Fernandes, A. D. P. A.; Soares, L. M.; Dubeux Junior, J. C. B. 1994. Estabilidade de Resposta do Capim-Braquiária (*Brachiaria decumbens*, Stapf.) Sob Níveis Crescentes de Nitrogênio e Fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 29, 1151-1157.
- Lopes, M. N. et al. 2014. Características Morfogênicas de Dois Tipos de Perfilhos e Produção de Biomassa do Capim-Massai Adubado com Nitrogênio Durante o Estabelecimento. *Bioscience Journal*, 30, 5, 666-677.
- Malaquias, C. A. A.; Santos, A. J. M. 2016. Adubação Organomineral e Npk na Cultura do Milho (*Zea mays* L.). *Pubvet*, 11, 424-537.
- Matias, G. C. S. 2010. Eficiência Agrônômica de Fertilizantes Fosfatados em Solos com

- Diferentes Capacidades de Adsorção de Fósforo e Teores de Matéria Orgânica. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, pp. 35-47.
- Mesquita, E. E. et al. 2010. Teores Críticos de Fósforo no Solo e Características Morfogênicas de "Panicum maximum" Cultivares Mombaça e Tanzânia-1 e Brachiaria híbrida Mulato Sob Aplicação de Fósforo. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 11, 2, 292-302.
- Monteiro, F. A.; Ramos, A. K. B.; Carvalho, D. D.; Abreu, J. B. R. de; Daiub, J. A. S.; Silva, J. E. P. da; Natale, W. 1995. Cultivo de *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu Em Solução Nutritiva com Omissões de Macronutrientes. *Scientia Agrícola*, 52, 1, 135-141.
- Novais, R. F.; Smyth, T. J.; Nunes, F. N. Fósforo. In: Novais, R. F.; Alvarez V.; V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. 2007. Fertilidade do Solo. Viçosa, Mg, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. pp. 471-550.
- Oliveira, R. G. 2017. Fertilizantes Organominerais no Crescimento e Valor Nutritivo de *Urochloa brizantha*, em Diferentes Umidades do Solo. Dissertação de mestrado. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, pp. 23-37.
- Ourives, O. E. A.; Souza, G. M.; Tiritan, C. S.; Santos, D. H. 2010. Fertilizante Orgânico como Fonte de Fósforo no Cultivo Inicial de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 40, 2, 126-132.
- Patês, N. M. S.; Pires, A. J. V.; Silva, C. C. F.; Santos, L. C.; Carvalho, G. G. P.; Freire, M. A. L. 2007. Características morfogênicas e estruturais do capim-tanzânia submetido a doses de fósforo e nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 6, 1736-1741.
- Porto, E. M. V.; Alves, D. D.; Vitor, C. M. T.; Gomes, V. M.; Silva, M. F.; David, A. M. S. S. 2012. Rendimento Forrageiro da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu Submetida à Doses Crescentes de Fósforo. *Scientia Agrária Paranaensis*, 11, 25-34.
- Ramos, S. J.; Faquin, V.; Rodrigues, C. R.; Silva, C. A.; Boldrin, P. F. 2009. Biomass Production and Phosphorus Use of Forage Grasses Fertilized with Two Phosphorus Sources. *R. Bras. Ci. Solo*, 33, 335-343.
- Rosa, C. M. D.; Castilhos, R. M. V.; Vahl, L. C.; Castilhos, D. D.; Pinto, L. F. S.; Oliveira, E. S.; Leal, O. D. A. 2009. Efeito de Substâncias Húmicas na Cinética de Absorção de Potássio, Crescimento de Plantas e Concentração de Nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33, (4), 959-967.
- Silva, J. G. 1992. Ordens de Gradagem e Sistemas de Aração do Solo: Desempenho Operacional, Alterações na Camada Mobilizada e Respostas do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo. 180p.
- Silva, I. M.; Oliveira, R. G.; Bento, B. M. C.; Machado, C. M. M.; Cruz, R. S.; Rodrigues, C. C.; França, A. C. 2020. Crescimento e valor nutritivo de capim xaraés sob diferentes adubações e umidades do solo. *Brazilian Journal of Development*, 6, 61669-61683.
- Souza, F. M.; Lemos, B. J. M.; Oliveira Júnior, R. C.; Magnabosco, C. U.; Castro, L. M.; Lopes, F. B.; Brunes, L. C. 2016. Introdução de Leguminosas Forrageiras, Calagem e Fosfatagem em Pastagem Degradada de *Brachiaria brizantha*. *Revista Brasileira de Saúde E Produção Animal*, 17, 3, 355-364.
- Stancati, G.; Nogueira, J. B.; Villar, O. M. 1981. Ensaio de Laboratório em Mecânica dos Solos. Universidade de São Paulo. pp. 81-93.