

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

**FÓSFORO E POTÁSSIO ASSOCIADOS A ENXOFRE,
BORO E ZINCO NA ADUBAÇÃO DE FORMAÇÃO DE
CAPIM-MARANDU**

**Ivan Barreto
Engenheiro Agrônomo**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

**FÓSFORO E POTÁSSIO ASSOCIADOS A ENXOFRE,
BORO E ZINCO NA ADUBAÇÃO DE FORMAÇÃO DE
CAPIM-MARANDU**

Ivan Barreto

Orientador: Prof. Dr. Reges Heinrichs

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Animal, da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

2018

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvida pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação
Campus de Dracena

B273f

Barreto, Ivan.


Fósforo e potássio associados a enxofre, boro e zinco na adubação de formação de *Capim-marandu* / Ivan Barreto. -- Dracena: [s.n.], 2018.

59 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp). Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena. Área do conhecimento: Produção Animal, 2018.

Orientador: Reges Heinrichs
Inclui bibliografia.

1. Macronutrientes. 2. Matéria seca. 3. Micronutrientes. 4. Pastagem. 5. *Urochloa brizantha*. I. Título.



Bibliotecário Fábio Sampaio Rosas
CRB 8/6665



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Dracena



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: FÓSFORO E POTÁSSIO ASSOCIADAS À PRESENÇA DE ENXOFRE, BORO E ZINCO NA ADUBAÇÃO DE FORMAÇÃO DE CAPIM-MARANDU *Urochloa Brizantha*.

AUTOR: IVAN BARRETO

ORIENTADOR: REGES HEINRICHS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA E TECNOLOGIA ANIMAL, área: PRODUÇÃO ANIMAL pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. REGES HEINRICHS
Curso de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena

Profa. Dra. CAROLINA DOS SANTOS BATISTA BONINI
Curso de Engenharia Agrônoma / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena

Dr. FERNANDO TAKAYUKI NAKAYAMA
Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA de Adamantina

Dracena, 06 de agosto de 2018

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Ivan Barreto, nascido em 22 de agosto de 1971 no município de Osvaldo Cruz, São Paulo. Graduado em Ciências “LC” pelas Faculdades Adamantinenses Integradas – FAI- julho 1993, Graduado em Engenharia Agrônômica pela Fundação Faculdade de Agronomia “Luiz Meneghel” – FFALM, Bandeirantes - PR – julho 1999. Pós-Graduação em Especialização em Biologia Vegetal pela Fundação Faculdade de Agronomia “Luiz Meneghel” – FFALM, Bandeirantes – PR – dezembro 1998. Em agosto de 2016 ingressou no curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal, linha de pesquisa: produção, manejo e conservação de alimentos, gestão e sustentabilidade. Membro do GENAP – Grupo de Experimentação em Nutrição e Adubação de Plantas.

À minha esposa Sonia, aos meus filhos Raul e Gabriel, e a todos os amigos que me incentivaram, deram carinho, pelo apoio, paciência e força, DEDICO.

Á Deus, por me dar força, saúde e discernimento, minha ETERNAMENTE GRATO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelas oportunidades, saúde e proteção concedidas durante esses 47 anos de vida.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, em especial à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Campus de Dracena e Faculdade de Engenharia.

Ao prof. Dr. Reges Heinrichs, pela orientação, confiança, compreensão, dedicação, apoio e conhecimentos transmitidos. Manifesto minha eterna gratidão pela grande contribuição em minha vida acadêmica, pessoal, a você professor, meu muito obrigado!

Aos professores/pesquisadores que aceitaram compor as bancas de qualificação e defesa.

A todos os docentes do programa de mestrado em Ciência e Tecnologia Animal.

Aos técnicos de laboratório e de campo pela contribuição na execução das coletas e análises do experimento.

Aos alunos e amigos do mestrado em ciência e tecnologia animal e GENAP (Grupo de Experimentação em Nutrição e Adubação de Plantas), pelo companheirismo e ajuda na execução dos trabalhos, em especial Maycon Amim Vieira.

E por fim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa. Muito obrigado!

FÓSFORO E POTÁSSIO ASSOCIADOS A ENXOFRE, BORO E ZINCO NA ADUBAÇÃO DE FORMAÇÃO DE CAPIM-MARANDU

RESUMO - A pecuária no Brasil está baseada no potencial de produção de forragens, sendo a pastagem a fonte de alimento mais usada e econômica. No entanto, aumentar os índices de produção de forragem consiste no manejo adequado da pastagem, especialmente com adubação equilibrada de macro e micronutrientes. Com o objetivo de avaliar fósforo e potássio associados a enxofre, boro e zinco na adubação de formação de pastagem de *Urochloa brizantha* cultivar Marandu, foi conduzido um experimento em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, na área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, UNESP, Campus de Dracena. O delineamento experimental foi em bloco casualizados, com quatro repetições. Em todos os tratamentos foram aplicados 120 kg ha⁻¹ de N, na forma de nitrato de amônio, a qual foi dividida em quatro doses iguais, na semeadura e após os três cortes subsequentes. Os tratamentos foram os seguintes: T1) Controle - sem adubação, exceto N; T2) PK via fosfato monoamônio (MAP) e cloreto de potássio (KCl); T3) PKS via superfosfato simples (SS) e KCl; T4) PKS via S15 e KCl; T5) PKSB via S15 e KB; T6) PKSZn via SZ e KCl; T7) PKSBZn via SZ e KB; T8) PKSBZn via SZ, KB e Oxisulfato Zn. Nos tratamentos com PK foi aplicada a dose de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 50 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente. As doses de enxofre, boro e zinco foram proporcionais a concentração na formulação de cada fertilizante, exceto o tratamento oito no qual foi acrescido o oxisulfato de Zn para fornecer o dobro do micronutriente em relação ao tratamento sete. MAP: (11%N, 52%P₂O₅); KCl: (60%K₂O); SS (21%P₂O₅, 12%S); S15: (13% N, 33%P₂O₅, 15%S); KB: (58%K₂O, 0,5%B); SZ: (12%N, 32%P₂O₅, 15%S, 1%Zn). Os resultados evidenciaram menor produção de massa verde e de massa seca de capim-marandu na ausência da aplicação de fósforo, potássio, enxofre, boro e zinco. A aplicação de fósforo e potássio na presença de enxofre mais boro ou enxofre mais zinco aumentou 24% a produção de massa seca acumulada em relação ao controle. A produção de folhas do capim-marandu variou no primeiro corte com as maiores médias no T3 e T5 e nos demais cortes não foi observado efeito significativo. Os teores de fibras insolúveis em detergente neutro e fibras insolúveis em detergente ácido da forragem de capim-marandu não variaram em função da adubação, enquanto o teor de proteína bruta diferiu somente no período seco, com as menores médias nos tratamentos T1 e T4. Na camada de 0-0,2 m do solo foi possível constatar o incremento na disponibilidade de fósforo, enxofre, boro e zinco, após um ano da aplicação dos nutrientes via fertilizante mineral. Na camada de 0,2-0,4 m do solo o boro e zinco apresentaram aumento na disponibilidade, após um ano de aplicação dos nutrientes via fertilizantes minerais. No período das águas, a menor concentração de fósforo na parte aérea do capim-marandu foi observada no tratamento controle, enquanto os demais nutrientes não diferiram.

Palavras Chaves: Macronutrientes, matéria seca, micronutrientes, pastagem, *Urochloa brizantha*

PHOSPHORUS AND POTASSIUM ASSOCIATED TO SULFUR, BORON AND ZINC IN THE FERTILIZATION OF CAPIM-MARANDU FORMATION

ABSTRACT - Livestock production in Brazil is based on the potential of forage production, with pasture being the most used and economical source of food. However, increasing forage yield indexes is adequate management of pasture, especially with balanced fertilization of macro and micronutrients. In order to evaluate phosphorus and potassium associated with sulfur, boron and zinc in the cultivation of *Urochloa brizantha* cv. Marandu, an experiment was carried out in a dystrophic Ultisol in the experimental area of the Faculty of Agrarian and Technological Sciences, UNESP, Campus of Dracena. The experimental design was randomized block, with four replicates. In all treatments, 120 kg ha⁻¹ of N, as ammonium nitrate, was applied, which was divided into four equal doses at sowing and after three subsequent cuts. The treatments were as follows: T1) Control - without fertilization, except N; T2) PK via monoammonium phosphate (MAP) and potassium chloride (KCl); T3) PKS via single superphosphate (SS) and KCl; T4) PKS via S15 and KCl; T5) PKSB via S15 and KB; T6) PKSZn via SZ and KCl; T7) PKSBZn via SZ and KB; T8) PKSBZn via SZ, KB and Oxisulfate Zn. In the treatments with PK the dose of 80 kg ha⁻¹ of P₂O₅ and 50 kg ha⁻¹ of K₂O was applied, respectively. The sulfur, boron and zinc doses were proportional to the concentration in the formulation of each fertilizer, except treatment eight in which Zn oxysulphate was added to provide twice the micronutrient over treatment seven. MAP: (11% N, 52% P₂O₅); KCl: (60% K₂O); SS (21%P₂O₅, 12%S); S15: (13%N, 33%P₂O₅, 15%S); KB: (58%K₂O, 0.5%B); SZ: (12%N, 32%P₂O₅, 15%S, 1%Zn). The results showed lower production of green mass and dry mass of marandu grass in the absence of the application of phosphorus, potassium, sulfur, boron and zinc. The application of phosphorus and potassium in the presence of sulfur plus boron or sulfur plus zinc increased 24% the accumulated dry mass production in relation to the control. The production of leaves of the marandu grass varied in the first cut with the highest means in T3 and T5 and in the other cuts no significant effect was observed. The neutral detergent insoluble fiber content and acid detergent insoluble fiber of the fodder of the marandu grass did not vary according to the fertilization, while the crude protein content differed only in the dry period, with the lowest averages in the treatments T1 and T4. In the 0-0.2 m depth of the soil, it was possible to verify the increase in the availability of phosphorus, sulfur, boron and zinc, after one year of nutrient application via mineral fertilizer. In the 0.2-0.4 m soil depth, boron and zinc showed an increase in availability after one year of nutrient application via mineral fertilizers. During the water period, the lowest phosphorus concentration in the aerial part of the marandu grass was observed in the control treatment, while the other nutrients did not differ.

Key words: Macronutrients, dry matter, micronutrients, pasture, *Urochloa brizantha*

SUMÁRIO

	Páginas
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais	13
1.1 INTRODUÇÃO	13
1.2 REVISÃO DE LITERATURA	14
1.2.1 <i>Urochloa brizantha</i> cv. Mara.....	14
1.2.2 Adubação em pastagens	15
1.2.2.1 Características do macronutriente fósforo	15
1.2.2.2 Características do macronutriente potássio.....	17
1.2.2.3 Características do macronutriente enxofre	17
1.2.2.4 Características do micronutriente boro	19
1.2.2.5 Características do micronutriente zinco	20
1.2.2.6 Interação de nutrientes na disponibilidade no solo e absorção pelas plantas	22
1.3 REFERÊNCIAS	23
 CAPÍTULO 2 - Produção da forragem e qualidade bromatológica do capim-marandu adubado com fósforo e potássio associados a enxofre e micronutrientes	 27
2.1 INTRODUÇÃO	29
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	29
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
2.3.1 Produção de forragem e composição morfológica	31
2.3.2 Análise bromatológica	36
2.4 CONCLUSÕES	38
2.5 REFERÊNCIAS	39
 CAPÍTULO 3 - Aplicação de fósforo e potássio associados a enxofre, boro e zinco na formação de capim-marandu e seu efeito residual na fertilidade química do solo e estado nutricional	 42
3.1 INTRODUÇÃO	44
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	45

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
3.3.1 Fertilidade química do solo	48
3.3.2 Concentrações de nutrientes na parte aérea do capim- marandu	53
3.4 CONCLUSÕES	57
3.5 REFERÊNCIAS	57

CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais

1.1 INTRODUÇÃO

No Brasil, grandes extensões de terras e condições edafoclimáticas, favorecem o desenvolvimento da atividade pecuária. No entanto esta atividade vem se mostrando com baixa capacidade de produtividade, suporte animal ha^{-1} , manutenção de fertilização e recuperação destas áreas, levando ao estabelecimento de pastagens degradadas, (BATISTA; MONTEIRO, 2008; OLIVEIRA et al., 2009; CAVALLINI et al., 2010).

A bovinocultura é um dos principais destaques do agronegócio brasileiro no cenário mundial. O Brasil é dono do segundo maior rebanho efetivo do mundo, com cerca de 212 milhões de cabeças. Além disso, desde 2004, assumiu a liderança nas exportações, com um quinto da carne comercializada internacionalmente e vendas em mais de 180 países (MAPA, 2016), com abate de 23,1 milhões de cabeças em 2017 e 5,8 milhões no primeiro trimestre de 2018 (ABIEC, 2017).

A utilização de pastagens constitui desse modo, a principal fonte de alimentação do rebanho bovino nacional, em função da praticidade e do baixo custo de produção desse tipo de alimento, quando comparado com a utilização de alimentos concentrados.

No entanto, aumentar os índices de produção de forragem consiste no manejo adequado, especialmente com adubação equilibrada de macro e micronutrientes. Em condições de alto nível tecnológico, a adubação é rotineira, porém, a utilização de fontes fosfatadas e potássicas com maior eficiência pode fornecer incrementos na produção de forragem em quantidade e qualidade, especialmente quando associada à presença de enxofre, boro e zinco, contribuindo para melhora nos índices zootécnicos.

Na utilização de fertilizantes com maior eficiência na nutrição de plantas forrageiras ainda há muitos questionamentos e que necessitam ser esclarecidos, tais como: qual a dose recomendada, taxa de absorção dos nutrientes em distintas condições edafoclimáticas, potencial de resposta de cada espécie forrageira, variação em função do tipo do solo, frequência de aplicação, época de aplicação, entre outros (HEINRICHS; SOARES FILHO, 2014).

Na região do oeste paulista, predominam solos com características físicas favoráveis a exploração agrícola, porém com limitações químicas para esta atividade, especialmente de macronutrientes secundário como Enxofre (S) e micronutrientes como, Boro (B) e Zinco (Zn), podendo ser superadas com planos de adubações e uso de fertilizantes adequados.

Portanto o objetivo do presente trabalho, foi avaliar a resposta nos parâmetros de (desenvolvimento) crescimento da pastagem de *Urochloa brizantha* (*syn. Brachiaria brizantha*) cultivar Marandu à adubação de formação de fósforo e potássio associados a enxofre, boro e zinco bem como a fertilidade química do solo e estado nutricional do capim-marandu.

1.2 REVISÕES DE LITERATURA

1.2.1 *Urochloa brizantha* cv. Marandu

Em 1977, a Estação de Pesquisas em Pastagens de Marandela – Zimbabwe, na África, enviou amostras do material vegetal ao CNPGC – Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, da EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, situado no município de Campo Grande, Estado do Mato Grosso do Sul, onde passou a ser estudado sob o código de acesso BRA-000591. No ano de 1979 o CPAC – Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado, também da EMBRAPA, situado no município de Planaltina, Distrito Federal, recebeu parte do material para estudo. Tendo seu lançamento oficial como alternativa de planta forrageira em 1984, pela EMBRAPA (NUNES et al., 1985).

O cultivar Marandu chamou a atenção dos técnicos pelas suas características específicas como: plantas sempre robustas, hábito de crescimento cespitoso, altura de 1,5 a 2,5 metros, colmos iniciais de crescimento prostrado, mas com emissão de perfilho predominantemente eretos. Seus rizomas são muito curtos e encurvados. Os colmos floríferos são eretos, com perfilhamento nos nós superiores, levando à proliferação de inflorescências que atingem até 0,40 metros de comprimento, geralmente com 4 a 6 racemos. Suas lâminas foliares são largas e longas, glabras na face superior, com pubescência na face inferior, e bordos não cortantes. As bainhas são pilosas, enquanto os entrenós apresentam pelo na porção apical (NUNES et al., 1985).

Estima-se, atualmente, que 50% das áreas de pastagens cultivadas estejam ocupadas com essa gramínea, na região Centro-Oeste. A grande área de pastagens ocupada por essa única cultivar e que representa, particularmente, grande diversidade climática, vem, após algum tempo de uso com pastejo, estabelecendo patamar mais elevado de pressão de seleção para pragas e doenças e suas possíveis relações com o clima e o solo (MACEDO, 2006).

Apesar de tolerante às condições adversas, é extremamente responsivo a adubações, podendo ser encontradas produções bastante elevadas de até 36 toneladas de massa seca hectare⁻¹ ano⁻¹ (GHISI; PEDREIRA, 1987).

Em condições de alto nível tecnológico, a adubação é rotineira, porém, a utilização de adubações fosfatadas e potássicas com maior solubilidade podem fornecer incrementos na produção de forragem em quantidade e qualidade, especialmente quando associada a enxofre, boro e zinco, contribuindo para melhorar nos índices zootécnicos. Na utilização de fertilizantes com maior eficiência na nutrição de plantas forrageiras ainda há muitos questionamentos e que necessitam ser esclarecidos, tais como: qual a dose recomendada, taxa de absorção dos nutrientes, potencial de resposta de cada espécie forrageira, variação em função do tipo do solo, frequência de aplicação, época de aplicação.

1.2.2 Adubação em pastagens

1.2.2.1 Características do macronutriente Fósforo

O fósforo (P) na produção vegetal é considerado nutriente, essencial apesar das necessidades serem relativamente pequenas quando comparadas com outros macronutrientes (ROSSI et al., 1999). É absorvido do solo através das raízes nas formas de íons $\text{H}_2\text{PO}_4^{-2}$ e HPO_4^{-} . O nutriente apresenta carência em solos devido à baixa disponibilidade e pela fixação junto à fase coloidal, tornando-o indisponível para as plantas. O fósforo condiciona as raízes e as plântulas a se desenvolverem mais rapidamente, aumenta a resistência aos rigores do inverno, além de melhorar a eficiência na utilização de água. A sua deficiência limita o crescimento das plantas forrageiras e, conseqüentemente, das pastagens (CECATO, et al., 2000).

A maior parte do P no solo entra em contato com as raízes por difusão, onde os íons do nutriente passa de uma região de maior para uma de menor concentração próxima às raízes, este contato é considerado como o fator mais limitante na absorção de P pelas plantas, estima-se que se desloca em média 1-2 mm; desta forma, apenas o P que se encontra a esta distância das raízes está estrategicamente disponível para ser absorvido; outra forma de contato do P e raízes são pelo fluxo de massa. A absorção de P pelas plantas é proporcional à densidade das raízes; assim, o incremento da área superficial da massa radicular aumenta a habilidade da planta em acessar e absorver o P do solo. Em consequência, algumas plantas respondem às baixas concentrações de P no solo pelo aumento do sistema radicular, desenvolvendo rapidamente raízes laterais com abundantes pelos radiculares que melhoram a habilidade da planta em explorar o solo em busca de novas reservas de P (POTAFOS, 2001).

O P é o elemento que merece destaque, dentre os demais nutrientes, sendo causador de baixa produção em virtude de sua baixa disponibilidade em solos das regiões tropicais (PRADO; VALE; ROMUALDO, 2005). A utilização de adubações fosfatadas e equilibradas aumentam a produção e a qualidade da forrageira (BONFIM-SILVA; MONTEIRO, 2006).

De acordo com Lopes et al. (2011), o acúmulo de matéria seca de capim-xaraés foi favorecido com o aumento da dose de 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 , no estabelecimento da pastagem. Enquanto trabalhos desenvolvidos por Costa et al. (2008), em casa de vegetação, avaliando o crescimento e nutrição da *Urochloa* em função de fontes de fósforo, Superfosfato triplo (ST), Fosfato Reativo de Arad (FR), Fosfato Natural de Araxá (FA), e uma mistura ST+FR na relação (1:1), em dois tipos de solo, Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) e Neossolo Quartzarênico (NQ), verificaram que no NQ ocorreu maior incremento na produção de matéria seca da parte aérea e das raízes da *U. brizantha*. O efeito das fontes na produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) da *Urochloa* ao final dos quatro cortes seguiu a seguinte ordem decrescente: FR>ST+FR>ST>FA, no LVdf e ST>ST+FR>FR>FA no NQ, respectivamente, comportamento que acompanhou o Índice de Eficiência Agronômica das fontes de fósforo. Cunhando a importância do estudo de fontes fosfatadas para produção de forragem e distintas condições edáficas.

1.2.2.2 Características do macronutriente Potássio

O K^+ é o cátion mais abundante na planta, sendo absorvido em grandes quantidades pelas raízes. O nutriente pode ser encontrado no solo, disponível na solução e ou trocável. Para que essa disponibilidade ocorra, é necessário que uma determinada concentração de K trocável fique na fase sólida e outra na solução do solo conhecido como efeito tampão do potássio. As formas não trocáveis se encontram quimiossorvido na esfera interna do mineral de argila (MAURER, 1991).

O K atua em numerosas e importantes funções metabólicas da planta. Não possui função estrutural na vida da planta, mas importante como ativador enzimático. Cerca de 60 enzimas são ativadas pelo K^+ , como a fosforilação à síntese de proteínas, além disso, é responsável pela turgidez do tecido da planta, regulando a quantidade de água a ser contida no interior da célula de acordo com sua concentração no interior da célula; regula abertura e fechamento de estômatos, controlando a troca de gases, atuando na intensidade fotossintética; transporte de carboidratos para os órgãos armazenadores; transpiração. Plantas bem supridas em K^+ utilizam água no limite do mínimo para produzir uma unidade de matéria seca; resistência à geada, seca e salinidade. Plantas com deficiência de K, apresenta clorose nas folhas mais velhas, seguida de necrose (morte do tecido) das pontas e margens (MALAVOLTA, 1980).

Em trabalhos realizados em casa-de-vegetação foram observadas respostas de *Urochloa brizantha* às doses de potássio, Mattos e Monteiro (1998) concluíram que houve aumento no rendimento de matéria seca da parte aérea da planta e das raízes, com a máxima produção ocorrendo entre 365 e 399 $mg\ l^{-1}$ de K. Os mesmos autores destacaram que o número de perfilho aumentou com o incremento de potássio na solução.

1.2.2.3 Características do macronutriente Enxofre

No solo, o S pode ser encontrado nas formas inorgânicas e orgânicas. Esta última, como componente de matéria orgânica, chega a constituir 90% do S existente no solo. Com o uso contínuo dos solos, o teor de S tende a decrescer, em razão das perdas por erosão, maior intensidade na decomposição da matéria

orgânica, remoção pelas culturas e lixiviação. Admite-se que 80% do S adicionado ao solo como fertilizante, se perdem por lixiviação. As aplicações de fertilizantes que possuem S em sua composição, tais como sulfato de amônio (24% de S) e superfosfato simples (12% de S), vem caminhando em sentido contrário ao uso crescente de fertilizantes mais concentrados (ureia, superfosfato triplo), que não possuem S em sua composição. Por se tratar de um elemento de pouca mobilidade no interior das plantas, o que favorece o aparecimento da deficiência de S nas folhas novas com coloração que varia de verde claro a amarelada causando redução no crescimento da planta e atraso da maturação (SANTOS, 1981).

O enxofre presente na solução do solo é absorvido predominantemente na forma de SO_4^{-2} pelas raízes. Pelas folhas pode ser absorvido de três formas: sulfato, aminoácido (cisteína, cistina, metionina) e gasosa SO_2 existente no ar, esta última, de modo pouco eficiente (MALAVOLTA, 1980; VITTI et al., 2006).

Solos com teores menores que 20 g kg^{-1} de matéria orgânica, geralmente apresentam deficiência do elemento à cultura. Estima-se que a cada 10 g kg^{-1} de matéria orgânica é liberado cerca de $6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de enxofre (LOPES, 1980).

O enxofre desempenha funções estruturais e metabólicas da planta, a primeira participa diretamente de compostos orgânicos, a segunda é constituinte de enzima, fazendo parte de estrutura específica, grupo prostético ou ativador enzimático (MALAVOLTA, 1980).

Rodrigues (2002), estudando a recuperação da *Urochloa decumbens* (syn *Brachiaria decumbens*) com aplicação de calcário, nitrogênio e enxofre, observou efeito significativo do nitrogênio e enxofre na concentração de proteína bruta nas folhas.

Trabalhos realizados por Oliveira et al. (2010), buscando analisar o valor nutritivo da *Urochloa decumbens* no primeiro ano de recuperação com aplicações de nitrogênio e enxofre, concluíram que doses de nitrogênio combinadas com doses de enxofre, influenciaram na concentração de proteína bruta, fibras insolúveis em detergente neutro e ácido na primeira avaliação do período seco do ano. A digestibilidade in vitro da massa seca foi influenciada por doses de enxofre até $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, no período chuvoso do ano.

1.2.2.4 Características do micronutriente Boro

O boro é, entre os micronutrientes, aquele que mais frequentemente se apresenta deficiente no solo. A turmalina constitui o mineral primário mais significativo, representando, cerca de 95% da reserva do elemento em solos de regiões úmidas, porém é altamente resistente ao intemperismo. Dessa maneira, a fonte de B mais importante para a planta é a matéria orgânica, que após sofrer processo de mineralização, libera o elemento na solução do solo (MALAVOLTA, 1980).

Malavolta, (2006) descreve que há quatro formas principais de B no solo: solúvel em água, adsorvido, preso à matéria orgânica e fixado nas redes das argilas e minerais. A primeira sob a forma de ácido bórico não dissociado, H_3BO_3 , ou em pH alto tem-se o ânion borato, $B(OH)_4^-$. O B é adsorvido no solo com menos força em relação aos outros elementos, $H_2PO_4^-$, SO_4^{2-} , Cl^- e NO_3^- . O B preso na matéria orgânica é liberado pela ação de microrganismos no processo de mineralização. Outra forma adsorvida nas arestas quebradas das argilas.

O B é absorvido pela planta pelas raízes e folhas, sendo que, seu contato com a raiz no solo se dá por fluxo de massa. O boro é um micronutriente envolvido em muitos processos fisiológicos nas plantas, os quais são prejudicados tanto por sua deficiência quanto por sua toxidez. Transporte de açúcares; síntese e estruturação da parede celular; metabolismo fenólico do RNA, de carboidratos, de auxinas; manutenção da integridade da membrana plasmática; atividade da ATPase; respiração; e lignificação são exemplos de processos em que o B atua (CAMACHO-CRISTÓBAL, et al., 2008).

É bem conhecido que a deficiência de B provoca efeitos diferentes numa grande diversidade de processos em plantas vasculares, tais como alongamento de raiz, ácido indolacético (IAA) atividade de oxidase, a translocação de açúcar, o metabolismo dos carboidratos, a síntese do ácido nucleico, e o crescimento do tubo polínico (BLEVINS; LUKASZEWSKI, 1998; GOLDBACH; WIMMER, 2007).

Plantas com deficiência de boro apresentam: redução do crescimento e deformações nas zonas de meristemáticas, diminuição da superfície foliar (folhas jovens deformadas, espedaçadas, quebradiças e pequenas), acúmulo de compostos nitrogenados nas partes mais velhas, crescimento reduzido das raízes, diminuição da concentração de clorofila.

Trabalhos realizados em casa de vegetação por Paschoaloto et al. (2008), onde analisaram a produção de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em condições de omissão de nutrientes na adubação observaram que na ausência do boro, não houve interferência no perfilhamento até o primeiro corte em relação à adubação completa, evidenciando que o solo apresentou um suprimento necessário do nutriente. A produção de biomassa seca seguiu a mesma tendência observada no número de perfilho, indicando a mesma produção entre os tratamentos com adubação completa e a omissão de boro. Com os resultados obtidos, evidenciaram que nas condições estudadas não houve resposta da forrageira a adubação com os dois nutrientes.

1.2.2.5 Características do micronutriente Zinco

O zinco está presente em diversas rochas básicas e ácidas. Em compostos como sulfetos, carbonatos, silicatos e fosfatos. Seu teor no solo depende da composição do material de origem: granitos, basálticos, sedimentares folhetos e sedimentos argilosos. Os principais minerais do solo que contém o Zn são: smithsonita, esfarelita e hemimorphita.

Segundo Malavolta (2006), o Zn pode estar na solução do solo na forma de Zn^{+2} e complexos orgânicos, trocável o qual está preso na partícula por cargas elétricas, quelatizado ou complexado, preso a ligantes orgânicos; associado ao mineral de argila e óxidos hidratados, ligado a argilas e óxidos metálicos insolúveis, responsável por fixação que pode ser reversível ou nos minerais primários.

O Zn é absorvido pela planta na forma de Zn^{+2} , via radicular ou foliar, considerado por alguns autores como altamente móvel, e por outros de mobilidade intermediária (DECHEN; NACHITIGALL, 2006). A participação mais importante do zinco nos processos metabólicos das plantas é como componente de várias enzimas, tais como: desidrogenases, proteinases, peptidases e fosfohidrogenase.

Lindsay (1972) e Price et al. (1972), relataram que uma função básica do Zn está relacionada ao metabolismo de carboidratos e proteínas, de fosfatos e na formação de auxinas, RNA e ribossomos. Existem evidências de que o Zn tem

influência na permeabilidade de membranas e é estabilizador de componentes celulares.

Elemento atua na ativação enzimática, participa da síntese do aminoácido triptofano, componente de hormônio do crescimento, o zinco é fundamental para a síntese das proteínas, desenvolvimento das partes florais, produção de grãos e sementes e maturação precoce das plantas, deficiências em zinco causam interferências no desenvolvimento da planta, resultando em plantas menores, raquíticas e com internódios curtos, com clorose nos tecidos entre nervais. A deficiência de zinco afeta o crescimento de ramos e de folhas, havendo formação de internódios curtos, com o aparecimento de folhas miúdas na extremidade dos ramos (GIRACCA. 2016).

Segundo Casarin (2016), a dose de zinco deve ser baseada, principalmente, nas análises químicas de solo, através dessas análises que o produtor pode descobrir se há falta ou excesso de um determinado elemento. É importante lembrar ainda que o zinco é um elemento essencial para a cultura e desempenha um papel primordial, principalmente em relação ao crescimento. Em função disso, ele está muito relacionado com a produção. As fontes do nutriente são de extrema importância como o sulfato, o cloreto e o nitrato. Cada uma conta com um comportamento diferente em termos de eficiência de absorção explica. Ele é um ativador enzimático, com grande responsabilidade na maturação e crescimento das plantas.

Os efeitos da deficiência de zinco no solo se dão pelo fato de estarmos incorporando, hoje, solos de baixa fertilidade, como é o caso do Cerrado. Nesse caso, é preciso pensar em um programa de adubação, inserindo o elemento zinco. A adubação foliar não deve ser feita de forma isolada, pois é uma complementação à adubação do solo. Além disso, ela deve ser feita nos momentos de maior exigência da planta. Como exemplo, a correção do solo pela calagem, que diminui a disponibilidade de zinco no solo, tornando importante a atenção em relação à adubação (CASARIN, 2016).

Lopez e Malavolta (1974), em trabalhos sobre relações entre zinco e fósforo na nutrição de plantas, analisaram três fatores que poderiam influenciar na absorção do Zn. Absorção do elemento na presença de fosfatos e cloretos em diferentes valores de pH. A absorção de Zn em nutrição fosfatada previa em função do tipo de solo.

E absorção de Zinco em solos com calagem e adubação fosfatada. Obtiveram resultado que, os valores de pH não interferiram na natureza do efeito, porém quando fosfatos e cloretos estão acompanhados de cátions o efeito absorção é menor. Adubação previa com fosfato não diminui a adsorção do zinco, por outro lado, adubação fosfatada e calagem diminuem a concentração de Zn na planta, mas não influencia na sua disponibilidade no solo.

A deficiência de Zn nas plantas possui relação direta com teores altos de P disponíveis no solo, ou induzidas pela utilização de adubos fosfatados. Esta desordem nutricional, quando prevenida ou corrigida por meio do fornecimento de Zn, é conhecida como "deficiência de Zn induzida pelo fosfato". Utilização de doses crescentes de P influenciam no desenvolvimento de sintomas de deficiência ou uma redução na concentração de Zn dos tecidos das plantas (RUDGERDS et al., 1970; WARNOCK, 1970).

1.2.2.6 Interação de nutrientes na disponibilidade no solo e absorção pelas plantas

Na dinâmica da disponibilidade dos nutrientes presentes no solo e a absorção pelas plantas são dependentes de fatores externos e internos. Dentre os fatores externos destaca-se a disponibilidade do nutriente na solução do solo, sendo o N, S e B muito dependente da mineralização da matéria orgânica ou do fornecimento na forma mineral. Há a necessidade de aeração no solo (presença de O_2), para que ocorra ação de microrganismos sobre a oxidação do NH_4^+ a NO_3^- e S^{2-} a SO_4^{2-} e respiração das raízes (produção de ATP) que são absorvidas nestas formas pela planta e energia para o processo ativo de absorção iônica respectivamente. O teor de matéria orgânica presente no solo pode manter $H_2PO_4^-$ disponível à planta e os cátions K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} permaneçam na forma trocável. O pH isoladamente é o fator que mais influência na disponibilidade do nutriente, estando na faixa ideal de 6,0 a 6,5.

A velocidade de absorção dos elementos tanto para os ânions como cátions seguindo uma ordem decrescente $NO_3^- > SO_4^{2-} > H_2PO_4^-$ e $NH_4^+ > K^+ > Na^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+}$, respectivamente (MALAVOLTA, 1997).

A concentração elevada de um destes elementos na solução do solo, influência de forma direta ou indireta na absorção de outros. Concentrações altas de K^+ inibem a absorção de Mg^{2+} e Ca^{2+} de forma competitiva, aumentando a concentração do elemento inibido, reverte-se a situação. Outra forma é a inibição não competitiva, quando a inibição continua ocorrendo mesmo com o aumento da concentração, como no caso do $H_2BO_3^-$ e $H_2PO_4^-$, ambos, inibem a absorção de Zn^{2+} . Essas competições ocorrem porque o elemento inibidor ocupa o mesmo sítio ativo ou não ativo do carregador, respectivamente. O Ca^{2+} em concentrações baixas na solução do solo favorecem a absorção de K^+ e $H_2PO_4^-$, demonstrando o feito de sinergismo, onde a presença de um elemento favorece a absorção de outro (MALAVOLTA, 1997).

Leão e Santos (1993) em trabalhos desenvolvidos em casa de vegetação na Universidade de Santa Maria- RS, testando doses de fósforo e zinco em arroz de sequeiro observou efeito de inibição entre os elementos fosforo e zinco obteve o maior teor do elemento no interior da planta, na menor dose do outro, para maiores teores de P na planta nas doses de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 e zero de Zn, o mesmo aconteceu com doses de zero e 10 kg ha^{-1} de P_2O_5 e zinco respectivamente, maior produção de MS obtida correu na dose de 120 e 10 kg ha^{-1} de P_2O_5 e Zn, respectivamente.

Muner et al (2010), com experimentos em casa de vegetação sobre, disponibilidade de zinco para milho em resposta à localização de fósforo no solo, concluiu que em solos fertilizados com zinco e o fósforo localizados em maior proporção do vaso, proporcionou maior produção de matéria seca e menor concentração de Zn na planta, porem adições do deste elemento no solo, tende de aumentar linearmente a sua absorção pela planta.

1.3 REFERÊNCIAS

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes.

Quantidade de Abate Estadual por Ano/Espécie. 2017. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/Abates.aspx>> Acesso em: 02 de jun. de 2018.

BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Nitrogênio e enxofre nas características morfogênicas do capim-marandu em substituição ao capim-braquiária em degradação em solo com baixo teor de matéria orgânica. **Rev. Bras. Zootecnia**, v. 37, n. 7, p. 1151-1160, 2008.

BLEVINS, D. G.; LUKASZEWSKI, K. M. Boron na estrutura da planta e função. **Annu. Rev. Physiol Plant. Plant Mol. Biol.**, v. 49, p. 481–500, 1998.

CAMACHO-CRISTÓBAL, J. J.; REXACH, J.; GONZÁLEZ-FONTES, A. Boron in plants: deficiency and toxicity. **J. Integr. Plant Biol.**, v. 50, p. 1247-1255, 2008.

CAVALLINI, M. C.; ANDREOTTI, M.; OLIVEIRA, L. L.; PARIZ, C. M.; CARVALHO, M. P. Relações entre produtividade de *Brachiaria brizantha* e atributos físicos de um Latossolo do Cerrado. **Rev. Bras. Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1007-1015, 2010.

PITOMBEIRA, K. Nutrição vegetal: zinco é essencial para o crescimento da planta. **Jornal Dia de Campo**, fev. 2014. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br>> Acesso em: 01 out. 2016.

CECATO, U.; YANAKA, F. Y.; FILHO, M. R. T. B.; SANTOS, G. T.; CANTO, M. W.; ONORATO, W. M.; PETERNELLI, M. Influência da adubação nitrogenada e fosfatada na produção, na rebrota e no perfilhamento do capim-marandu (*Brachiaria brizantha* [Hochst] Stapf. cv. Marandu). **Acta Scientiarum**, v. 22, n. 3, p. 817-822, 2000.

COSTA, S. E. V. G. A.; NETO, A. E. F.; RESENDE, Á.V.; SILVA, T. O.; SILVA, T. R. Crescimento e nutrição da Braquiária em Função de Fontes de Fósforo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1419-1427, set./out, 2008.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2006. p. 327-354.

GIRACCA, E. M. N.; NUNES, J. L. S. **Fertilizantes, micronutrientes**. Agrolink, [2016]. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/>> Acesso em: 01 out. 2016.

GHISI, O. M. A.; PEDREIRA, J. V. S. Características agronômicas das principais *Brachiaria spp.* In: PEDREIRA, J. V. S.; MEIRELLES, N. M. F. (Ed.). ENCONTRO SOBRE CAPINS DO GÊNERO BRACHIARIA, Nova Odessa, 1986. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1987. p. 19-58.

GOLDBACH, H. E.; WIMMER, M. Boron em plantas e animais: Existe um papel para além-estrutura da parede celular. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 170, p. 39–48, 2007.

HEINRICH, R.; SOARES FILHO, C. V. **Adubação e manejo de pastagens**. Birigui: Boreal, 2014. 180 p.

LEÃO, R. M. A.; SANTOS, O. S. Efeitos de fósforo e do zinco no arroz de sequeiro em latossolo vermelho escuro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 139, 1993.

LINDSAY, W. L. Zinc in soils and plant nutrition. **Advances in Agronomy**, v. 24, p. 147–186, 1972.

LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato – Potafós, 1998. p. 79-85.

LOPES, J.; EVANGELISTA, A. R.; PINTO, J. C.; QUEIROZ, D. S.; MUNIZ, J. A., Doses de fósforo no estabelecimento de capim-xaraés e estilosantes Mineirão em consórcio. **Rev. Bras. Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 12, p. 2658-2665, 2011.

LOPEZ G.; O. E.; MALAVOLTA, E. **Estudos sobre as relações entre zinco e fósforo na nutrição da planta**: anais. v. 31. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1974. p. 467-483.

MACEDO, M. C. M. Aspectos edáficos relacionados com a produção de *Brachiaria brizantha* cultivar Marandu. In: BARBOSA, R.A. **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006. p. 35-65.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação de estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, EURIPEDES. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MATTOS. W. T.; MONTEIRO, F. A. Respostas de *Braquiária Brizantha* a doses de potássio. **Sientia Agrícola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, 1998.

MAURER, E. J. **Disponibilidade de potássio para as plantas e sua relação com formas mineralógicas e cinética de liberação no solo**. 1991. 137 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Agronomia, UFRS, Porto Alegre, 1991.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Bovinos e bubalinos**. 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/saude-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/febre-ftosa/documentos-febre-aftosa/rebanho-nacional-bovinos-e-bubalinos-2013-1/.pdf/view/>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

MUNER, L. H.; RUIZ, H. A.; VENEGAS, V. H. A.; NEVES, J. C. L.; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G. S. Disponibilidade de zinco para milho em resposta à localização de fósforo no solo. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**. Campina Grande, v. 15, n. 1, p.29–36, 2011.

NUNES, S. G.; BOOK, A.; PENTEADO, M. I. O.; GOMES, D.T., ***Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. 2. ed. Campo Grande: EMBRAPA CNPQC, 1985. 31 p. (Documentos, 21),

OLIVEIRA, I. P.; COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; MACIEL, G. A.; NEVES, B. P.; MACHADO, E. L. Efeitos de fontes de cálcio no desenvolvimento de gramíneas solteiras e consorciadas. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, p. 592-598, 2009.

OLIVEIRA, D. A.; BONFIM, E. M. S.; SILVEIRA, C. P.; MONTEIRO, F. A. Valor nutritivo do capim-braquiária no primeiro ano de recuperação com aplicações de nitrogênio e enxofre. **Rev. Bras. Zootecnia**, v. 39, n. 4, p. 716-726, 2010.

PRADO, R. M.; VALE, D. W.; ROMUALDO, L. M. Fósforo na nutrição e produção de mudas de maracujazeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 03, p. 493-498, 2005.

PASCHOALOTO, J. R.; HEINRICH, R.; SANTOS, E.T.; TREVIZAN M.; CRISTOVAM, R. R. B. Produção de *Brachiaria Brizantha* cv. marandu em condições de subtração nutricional. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS DA UNESP DRACENA, 4., 2008, Dracena. **Anais...** Dracena: Unesp, 2008. Disponível em: <<http://www.dracena.unesp.br/#!/eventos/sicud-2008/trabalhos/>>. Acesso em: 21 set. 2018.

PRICE, C. A.; CLARK, H. E.; FUNKHOUSER, E. A. Functions of micronutrients in plants. **Soil Sci Soc. Amer.**, v. 231, 1972.

POTAFOS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POTASSA E DO FOSFATO. A Importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, n. 95, set. 2001. 5 p.

RODRIGUES, R. C. **Calcário, nitrogênio e enxofre para recuperação do Capim-Braquiária cultivado em solo proveniente de uma pastagem degradada**. 2002. 141 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ROSSI, C.; FAQUIN, V.; CURTI, N.; EVANGELISTA, A. R. Calagem e fontes de fósforo na produção do baquearão e níveis críticos de fósforo em amostras de Latossolo dos Campos das Vertentes (MG). **Rev. Bras. Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 1083-1089, 1997.

RUDGERS, L. A.; DEMETRIO, J. L.; PAULSEN, G. M.; ELLIS, R. Interaction among atrazine, temperature and phosphorus-induced zinc deficiency in corn (*Zea mays* L.). **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.**, v. 34, p. 240-244, 1970.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. Nutrição mineral de plantas. **Soc. Bras. Ciência do Solo**, Viçosa, MG, p. 299-326, 2006.

WARNOCK, R. E. Micronutrient uptake and mobility within corn plants (*Zea mays* L.) in relation to phosphorus-induced zinc deficiency. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.**, v. 34, p. 765-769, 1970.

CAPITULO 2 - Produção da forragem e qualidade bromatológica do capim-marandu adubado com fósforo e potássio associados a enxofre e micronutrientes

RESUMO – A atividade agropecuária vem alavancando o crescimento econômico do Brasil em plena concorrência globalizada, exigindo eficiência na utilização de insumos para maiores produtividades e qualidades das pastagens. O trabalho teve como objetivo avaliar a adubação de formação, com fósforo e potássio associados a enxofre, boro e zinco na produção de forragem, composições morfológicas e qualidade bromatológica da *Urochloa brizantha*, cultivar Marandu. O experimento foi realizado na área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, UNESP, Campus de Dracena, em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico. O delineamento experimental foi em bloco casualizados, com quatro repetições. Em todos os tratamentos foram aplicados 120 kg ha⁻¹ de N, na forma de nitrato de amônio, a qual foi dividida em quatro doses iguais, a primeira na semeadura e após os três cortes subsequentes. Os tratamentos foram os seguintes: T1) Controle - sem adubação, exceto N; T2) fósforo e potássio (PK) via fosfato monoamônio (MAP) e cloreto de potássio (KCl); T3) PKS via superfosfato simples (SS) e KCl; T4) PKS via S15 e KCl; T5) PKSB via S15 e KB; T6) PKSZn via SZ e KCl; T7) PKSBZn via SZ e KB; T8) PKSBZn via SZ, KB e oxisulfato Zn. Nos tratamentos com PK foi aplicada a dose de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 50 kg ha⁻¹ de K₂O. As doses de enxofre, boro e zinco foram proporcionais a concentração na formulação de cada fertilizante, exceto o tratamento oito no qual foi acrescentado o oxisulfato de Zn para fornecer o dobro do micronutriente em relação ao tratamento T7. MAP: 11%N, 52%P₂O₅; KCl: 60% K₂O; SS: 21% P₂O₅, 12%S; S15: 13% N, 33% P₂O₅, 15% S; KB: 58% K₂O, 0,5% B; SZ: 12% N, 32% P₂O₅, 15% S, 1% Zn. Os resultados evidenciaram menor produção de massa verde e de massa seca de capim-marandu na ausência da aplicação de fósforo, potássio, enxofre, boro e zinco. A aplicação de fósforo e potássio na presença de enxofre mais boro ou enxofre mais zinco aumentou 24% a produção de massa seca acumulada em relação ao controle. A produção de folhas do capim-marandu variou no primeiro corte com as maiores médias no T3 e T5 e nos demais cortes não foi observado efeito significativo. Os teores de fibras insolúveis em detergente neutro e fibras insolúveis em detergente ácido da forragem de capim-marandu não variaram em função da adubação, enquanto o teor de proteína bruta diferiu somente no período seco, com as menores médias nos tratamentos T1 e T4.

Palavras chave: macronutrientes, micronutrientes, pastagem, *Urochloa brizantha*.

Fodder production and bromatological quality of marandu grass fertilized with phosphorus and potassium associated with sulfur and micronutrients

ABSTRACT – Agricultural activity has been leveraging Brazil's economic growth in full global competition, requiring efficiency in the use of inputs for greater productivity and pasture qualities. The objective of this work was to evaluate the fertilization of phosphorus and potassium associated with sulfur, boron and zinc in forage production, morphological composition and bromatological quality of *Urochloa brizantha*, Marandu cultivar. The experiment was carried out in the Experimental Area of the Faculty of Agrarian and Technological Sciences, UNESP, Campus of Dracena, in Ultisol dystrophic. The experimental design was randomized block, with four replicates. In all treatments, 120 kg ha⁻¹ of N, in the form of ammonium nitrate, was divided into four equal doses, the first at sowing and after three subsequent cuts. The treatments were as follows: T1) Control - without fertilization, except N; T2) phosphorus and potassium (PK) via monoammonium phosphate (MAP) and potassium chloride (KCl); T3) PKS via single superphosphate (SS) and KCl; T4) PKS via S15 and KCl; T5) PKSB via S15 and KB; T6) PKSZn via SZ and KCl; T7) PKSBZn via SZ and KB; T8) PKSBZn via SZ, KB and Zn oxysulphate. In the treatments with PK the dose of 80 kg ha⁻¹ of P₂O₅ and 50 kg ha⁻¹ of K₂O was applied. The sulfur, boron and zinc doses were proportional to the concentration in the formulation of each fertilizer, except treatment eight in which the Zn oxysulphate was added to provide double the micronutrient in relation to the T7 treatment. MAP: 11% N, 52% P₂O₅; KCl: 60% K₂O; SS: 21% P₂O₅, 12% S; S15: 13% N, 33% P₂O₅, 15% S; KB: 58% K₂O, 0.5% B; SZ: 12% N, 32% P₂O₅, 15% S, 1% Zn. The results showed lower production of green mass and dry mass of marandu grass in the absence of the application of phosphorus, potassium, sulfur, boron and zinc. The application of phosphorus and potassium in the presence of sulfur plus boron or sulfur plus zinc increased 24% the accumulated dry mass production in relation to the control. The production of leaves of the marandu grass varied in the first cut with the highest means in T3 and T5 and in the other cuts no significant effect was observed. The levels of insoluble fiber in neutral detergent and acid detergent insoluble fiber of fodder of marandu grass did not vary according to the fertilization, while the crude protein content differed only in the dry period, with the lowest averages in treatments T1 and T4.

Key words: Macronutrients, micronutrients, pasture, *Urochloa brizantha*.

2.1 INTRODUÇÃO

O capim-marandu é um ecotipo da *Urochloa brizantha* (syn. *Brachiaria brizantha*), originário de regiões vulcânicas da África tropical. O cultivar se destaca por apresentar características desejáveis de estabelecimento e desenvolvimento de pastagens e para aceitação pelos animais, como: planta bem robusta, crescimento tipo cespitoso com desenvolvimento inicial prostrado, emissão de perfilho predominantemente eretos, lâminas foliares largas e longas sem bordos cortantes (NUNES et al., 1985).

Segundo Costa et al. (2005), as espécies de braquiárias apresentam alta produção de matéria seca, se adaptou facilmente às adversidades climáticas do país, tem fácil estabelecimento da pastagem, bom valor nutritivo, crescimento durante vários períodos do ano e baixa disposição às doenças. Além disso, Santos, Nussio e Silva. (1993) destaca o grande número de espécies adaptadas à baixa e à média fertilidade de solo.

Fagundes et al. (2005) descreve que o potencial de produção de uma planta forrageira é determinado geneticamente, porém para que este potencial seja alcançado, condições adequadas do meio e manejo devem ser observadas. De acordo com Lopes (2017) a adubação com NPK adequada não favorece a produção somente em relação a demanda de nutrientes, mas também ameniza os efeitos adversos causados por fatores climáticos.

Com isso o trabalho teve como objetivo avaliar a adubação de formação, com fósforo e potássio associados a enxofre, boro e zinco na produção de massa verde e seca e as composições morfológicas e bromatológica da *Urochloa brizantha* cultivar Marandu, cultivado em solo Argissolo Vermelho Amarelo distrófico.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo na área experimental da UNESP, Campus de Dracena - SP, situado a 21° 27' latitude sul, 51° 36' longitude oeste e a 421 metros de altitude, compreendendo o período de agosto 2016 a julho 2017. A espécie forrageira utilizada foi *Urochloa brizantha* (syn. *Brachiaria brizantha*), cultivar Marandu.

O clima local, conforme a classificação de Koppen, é do tipo Cwa, caracterizado pelas estações de clima quente de inverno seco. As médias anuais de temperatura e precipitação são respectivamente, 24°C e 1.300 mm, com temperatura média máxima de 31°C e média mínima de 19°C. Os valores de temperatura e precipitação durante o período experimental estão apresentados na Figura 2.1.

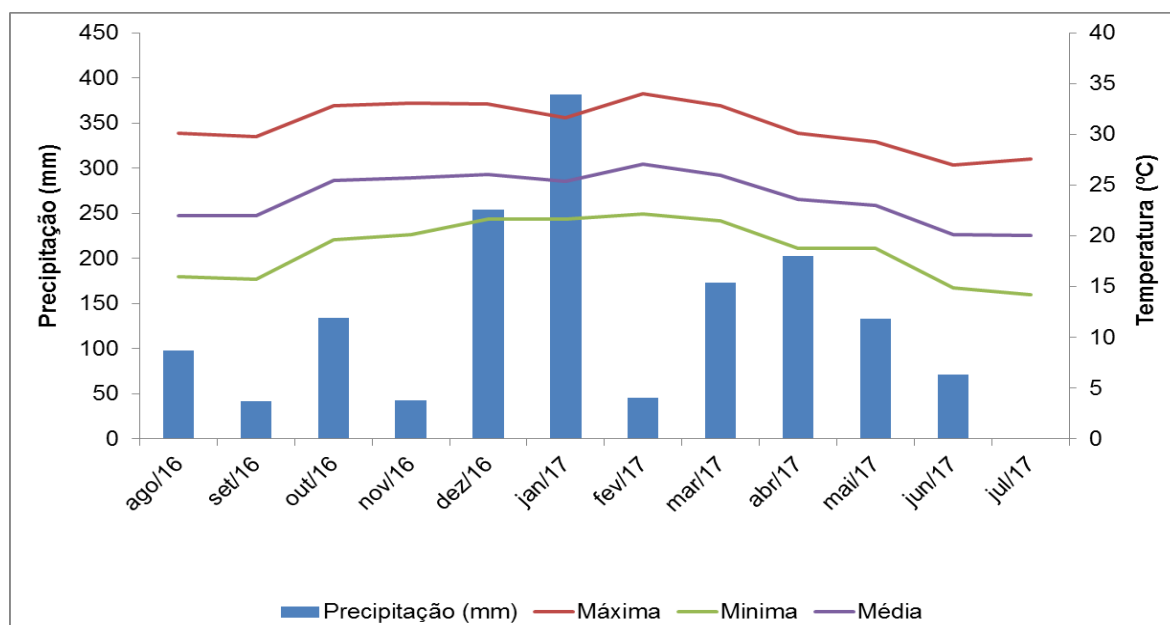


Figura 2.1. Precipitação e temperaturas média, mínima e máxima observada durante o período experimental. Fonte: Estação climatológica – UNESP Dracena.

O solo da área experimental foi classificado em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (SANTOS, 2013), com teor de fósforo muito baixo. No início do experimento, o solo foi amostrado nas profundidades de 0-0,2 m e 0,2-0,4 m. As seguiram as descrições de Raij et al. (2001), para os teores de P, K, Ca e Mg utilizou-se o método da resina trocadora de íons, de $S-SO_4^{2-}$ com extração com solução de fosfato de cálcio, pH em $CaCl_2$, matéria orgânica por colorimetria. Em relação aos micronutrientes o boro foi extraído via água quente e Cu, Fe, Mn e Zn em DTPA. Os resultados estão apresentados na Tabela 2.1

O delineamento experimental foi bloco casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram conforme descritos na Tabela 2.2.

Tabela 2.1. Atributos químicos e físicos do Argissolo Vermelho Amarelo distrófico na ocasião da implantação do experimento. Dracena, 2016/2017

Prof.	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC
m		g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- mmol _c dm ⁻³ -----						
0-0,2	4,4	9	3	1,3	5	2	15	4	8,3	23,3
0,2-0,4	4,6	13	7	2,6	5	4	16	2	11,6	27,6

Prof.	V	m	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Areia	Argila	Silte
m	-----%		-----mg dm ⁻³ -----			-----g kg ⁻¹ -----					
0-0,2	36	33	3	0,20	0,5	15	5,8	0,5	850	120	30
0,2-0,4	42	15	3	0,09	0,6	23	10,1	1,1	892	80	28

P, Ca, Mg e K: resina; S: fosfato de cálcio; B: água quente; SB: soma de bases (K+Ca+Mg); Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA em pH 7,3; CTC: capacidade de troca de cátions.

Tabela 2.2. Tratamentos aplicados na adubação de formação do capim-marandu.

Tratamentos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	B	Zn
	----- kg ha ⁻¹ -----					
T1	30 + 90	0	0	0	0	0
T2	30 + 90	80	50	0	0	0
T3	30 + 90	80	50	45,7	0	0
T4	31+ 89	80	50	36,3	0	0
T5	31+ 89	80	50	36,3	0,43	0
T6	30 + 90	80	50	37,5	0	2,50
T7	30 + 90	80	50	37,5	0,43	2,50
T8	30 + 90	80	50	37,5	0,43	5,00

Fontes de fertilizantes: T1- nitrato de amônio; T2 – nitrato de amônio, fosfato monoamônio, cloreto de potássio; T3 - nitrato de amônio, superfosfato simples, cloreto de potássio; T4- nitrato de amônio, S15, cloreto de potássio; T5 - nitrato de amônio, S15, KB; T6- nitrato de amônio, SZ, cloreto de potássio; T7 - nitrato de amônio, SZ, KB; T8- nitrato de amônio, SZ, KB, oxissulfato de Zn.

S15: 13% N, 33% P₂O₅, 15%S; KB: 58% K₂O, 0,5%B; SZ: 12%N 32%P₂O₅, 15%S, 1%Zn; S15: 13% N 33% P₂O₅ 15%S; KB: 58% K₂O, 0,5%B. Oxissulfato de Zn: 20% Zn. Obs.: A dose de N complementar na adubação de plantio foi com Nitrato de Amônio (32%) dividida em quatro parcelas, na semeadura e após os três cortes subsequentes.

O experimento foi implantado em uma área com *Urochloa brizantha* cultivar Decumbens por 8 anos. Para o preparo do solo foi utilizado o sistema convencional, com uma aração e duas gradagens para eliminação da cultura anterior e incorporação do calcário. A necessidade de calagem foi determinada pelo método da saturação por base para atingir 60% (RAIJ, et al., 1996). O solo permaneceu em repouso por período de 60 dias após a calagem. Posteriormente foram demarcadas as parcelas e aplicação dos tratamentos. Durante o ano agrícola 2016/2017 foram realizados seis cortes, sendo quatro no período das águas (dezembro a março) e dois no período seco (abril a julho).

As plantas foram cortadas quando, a média de altura, do melhor tratamento atingiu 0,28 m. Para amostragem da forragem, foi utilizado um amostrador retangular de 1m x 0,5m, padronizado a altura de corte a 0,15 m, posicionado em ponto aleatório e representativo de cada parcela. O material coletado em cada parcela, foi acondicionado em saco devidamente identificado e pesado para estimar a produtividade de massa verde total, posteriormente, retirada duas sub amostras, uma para determinação de massa seca (MS) da parte aérea e a outra para composição morfológica, separada em folhas e hastes+bainhas. A secagem das amostras foi realizada em estufa de circulação de ar forçado a 65 °C por 72 horas (SILVA; QUEIROZ, 2002).

Para a determinações de fibra insolúveis em detergente neutro (FDN) e detergente ácido (FDA), utilizou-se o aparelho Ankon (Ankon 200 Fiber Analyser da Ankon Technology Corporation), segundo metodologia de Goering & Van Soest (1970) adaptada por Campos et al. (2004). Na determinação de FDN, foi adicionado sulfito de sódio, com o objetivo de solubilizar a proteína aderida à parede celular (VAN SOEST, 1994).

Para estimativa da concentração de proteína bruta (PB), foi utilizado o fator 6,25 para conversão de nitrogênio total em proteína bruta (AOAC, 1970), a determinação do nitrogênio seguiu a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

Todos os resultados foram avaliados estatisticamente com auxílio do programa SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011) para análise da variância e comparação de médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Produção de forragem e composição morfológica

A produção de massa verde aumentou com a aplicação de fósforo e potássio associados a enxofre, boro e zinco (Tabela 2.3). Constatou-se em todos os cortes, que o tratamento controle (T1) sempre apresentou menor produção de massa verde, em alguns casos não diferindo de outros tratamentos, como no primeiro corte foi semelhante ao T2, no segundo aos T2 e T4, no terceiro aos T2 e T3 e no sexto ao T4. Por outro lado, o T6 sempre estava entre os tratamentos

com maior produção, exceto no quinto corte quando foi superado pelo T5. No sexto corte pode ser observado que a produção de massa verde foi muito inferior em relação aos demais cortes, o que pode ser atribuído ao estresse hídrico durante esse período de crescimento. Embora a produção acumulada não tenha apresentada diferença significativa, observa-se que na adubação com somente nitrogênio, a produção foi 24% inferior em relação ao tratamento com maior média absoluta (T6).

Tabela 2.3. Produção de massa verde em seis cortes e acumulada de capim-marandu adubado com fósforo e potássio associados a enxofre, boro e zinco.

Tratamentos	Cortes						Acumulado
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	
	-----t ha ⁻¹ -----						
T1	13,83c	12,07c	12,34b	9,53b	9,16c	3,77b	57,65
T2	14,51c	13,81c	12,18b	12,19a	10,49b	4,66a	61,24
T3	15,93b	14,85b	13,21b	12,35a	12,79a	4,47a	69,14
T4	18,52a	13,88c	14,48a	12,12a	10,72b	3,81b	69,07
T5	16,86b	15,15b	14,48a	12,86a	13,23a	4,49a	74,60
T6	18,57a	18,85a	14,00a	13,43a	11,32b	4,92a	76,55
T7	20,10a	15,09b	14,84a	12,35a	11,13b	3,56b	65,02
T8	19,23a	15,89b	15,53a	11,99a	11,19b	4,69a	76,35
Teste F	19,15*	8,33*	3,83*	7,42*	7,72*	4,56*	1,78 ^{ns}
Média Geral	17,20	14,95	13,93	12,13	11,26	4,30	68,70
CV(%)	6,07	9,08	9,02	7,15	8,22	11,05	15,34

*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. T1- 120 kg ha⁻¹ de N (nitrato de amônio); T2 – 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O (nitrato de amônio, fosfato monoamônio, cloreto de potássio); T3 - 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹, 45,7 kg ha⁻¹ S (nitrato de amônio, superfosfato simples, cloreto de potássio); T4- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 36,3 kg ha⁻¹ S (nitrato de amônio, S15, cloreto de potássio); T5- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 36,3 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B (nitrato de amônio, S15, KB); T6- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 2,5 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, cloreto de potássio); T7- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B, 2,5 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, KB); T8- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B, 5,0 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, KB, oxissulfato de Zn). S15: 13% N, 33% P₂O₅, 15%S; KB: 58% K₂O, 0,5%B; SZ: 12%N 32%P₂O₅, 15%S, 1%Zn. Dose de nitrogênio parcelada em quatro aplicações.

A produção de massa seca do capim-marandu no tratamento controle (T1), em todos os cortes, sempre estava entre os tratamentos menos produtivos, seguido pelo T2 que diferenciou do T1 apenas no quarto e sexto corte (Tabela 2.4). Muitos autores relatam que a capacidade produtiva do capim-marandu está em torno de 10 t ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca (ALCÂNTARA et al., 1992; PUPO,

2002; PIRES, 2006), evidenciando que na presente pesquisa todos os tratamentos estão acima da faixa mínima de produtividade citada, exceto o tratamento controle (T1).

Tabela 2.4. Produção de massa seca da parte aérea em seis cortes e acumulada de capim-marandu adubado com fósforo e potássio associados a enxofre, boro e zinco

Tratamentos	Cortes						Acumulado
	1 ^o	2 ^o	3 ^o	4 ^o	5 ^o	6 ^o	
	-----t ha ⁻¹ -----						
T1	2,56 b	1,84 b	2,54 b	1,74 b	1,84 b	0,77 b	11,42
T2	2,71 b	2,08 b	2,35 b	2,20 a	1,99 b	0,92 a	11,95
T3	2,68 b	2,32 a	2,86 a	2,23 a	2,45 a	0,88 a	13,35
T4	3,28 a	2,13 b	2,96 a	2,04 a	2,01 b	0,73 b	12,87
T5	3,06 a	2,48 a	3,04 a	2,22 a	2,47 a	0,87 a	14,20
T6	3,29 a	2,85 a	2,71 b	2,39 a	2,08 b	0,98 a	14,15
T7	3,39 a	2,49 a	3,03 b	2,15 a	2,09 b	0,69 b	13,00
T8	3,29 a	2,55 a	3,08 a	2,15 a	2,15 b	0,93 a	13,47
Teste F	8,11*	6,75*	3,06*	4,84*	7,75*	5,25*	1,00 ^{ns}
Média Geral	3,03	2,34	2,82	2,14	2,14	0,85	13,05
CV(%)	7,67	10,50	10,64	7,92	7,38	10,72	14,91

*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. T1- 120 kg ha⁻¹ de N (nitrato de amônio); T2 – 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O (nitrato de amônio, fosfato monoamônio, cloreto de potássio); T3 - 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹, 45,7 kg ha⁻¹ S (nitrato de amônio, superfosfato simples, cloreto de potássio); T4- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 36,3 kg ha⁻¹ S (nitrato de amônio, S15, cloreto de potássio); T5- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 36,3 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B (nitrato de amônio, S15, KB); T6- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 2,5 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, cloreto de potássio); T7- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B, 2,5 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, KB); T8- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B, 5,0 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, KB, oxissulfato de Zn). S15: 13% N, 33% P₂O₅, 15%S; KB: 58% K₂O, 0,5%B; SZ: 12%N 32%P₂O₅, 15%S, 1%Zn. Dose de nitrogênio parcelada em quatro aplicações.

A partir desses resultados, observa-se que o suprimento de somente nitrogênio no sistema não atende à demanda do capim-marandu e explorar o potencial genético de produção. Em estudos avaliando a presença de fósforo na adubação verificaram que a sua carência foi que mais limitou a produção forrageira (GOMIDE, 1986; CORRÊA et al., 1996).

No tratamento com aplicação de apenas macronutrientes primários (T2), também limitou o potencial produtivo em quatro cortes em um total de seis cortes. Dessa maneira, semelhante ao descrito anteriormente, constatou-se que a

carência de S, B e Zn foram determinantes para redução na produção de massa seca do capim-marandu.

Nos demais tratamentos, com macronutrientes primários e a presença de forma isolada ou conjunta de enxofre, boro e zinco apresentaram produções de massa seca variada entre os cortes. Esses resultados podem ser atribuídos à pequena amplitude na produção e que pode ser influenciados por fatores externos como temperatura, precipitação, decomposição da matéria orgânica do solo durante o intervalo entre cortes. Além disso, o estudo foi realizado somente um ano, possivelmente, com a continuidade do estudo, poderia intensificar os efeitos da aplicação dos nutrientes.

No sexto corte todos os tratamentos apresentaram produtividade bem abaixo dos cortes anteriores, que está relacionado a fatores climáticos, como redução da precipitação, intensidade luminosa e temperatura (Figura 2.1), os quais são intensificados a partir do quinto corte, prejudicando o crescimento da forrageira. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Botrel et al. (2002), avaliando a capacidade produtiva de várias forrageiras durante o inverno, sob baixas temperaturas e altitude elevadas, observou redução 65% na produção de MS de *Urochloa brizantha*.

A composição morfológica do capim-marandu está apresentada na Tabela 2.5. De acordo com os resultados é possível constatar que somente no primeiro corte foi verificada diferença significativa entre os tratamentos, com a maior produção de folhas nos tratamentos T3 e T5, os quais apresentam valores muito semelhantes (em torno de 65%) e representam a aplicação do nutriente nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre com presença ou ausência do boro. Dessa maneira, constatou-se que o boro na adubação não afetou a quantidade de folhas na forrageira.

Nos valores das médias dos seis cortes, não foi observado efeito significativo entre os tratamentos. Desse modo, observa-se que a porcentagem (%) de folhas produzidas pela espécie forrageira está muito mais atrelada na produção de massa seca do que na produção relativa de folhas, pois na maioria das avaliações não foi verificado diferença significativa.

Tabela 2.5. Porcentagem de folhas em seis cortes e na média de capim-marandu adubado com fósforo e potássio associados a enxofre, boro e zinco

Tratamentos	Cortes						Média
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	
	------(%)-----						
T1	58,75 b	64,50	54,50	74,25	77,00	71,50	66,75
T2	56,25 b	60,75	53,50	72,75	74,75	76,25	66,00
T3	65,75 a	59,00	54,00	72,75	71,25	73,75	66,00
T4	56,75 b	58,25	54,50	72,75	73,75	64,00	63,25
T5	65,50 a	63,25	54,75	71,25	76,25	74,75	67,50
T6	59,00 b	57,00	53,75	74,50	69,50	76,50	64,75
T7	55,50 b	62,75	54,00	74,25	81,00	80,25	68,00
T8	54,25 b	57,50	54,25	74,25	74,25	73,75	64,75
Teste F	3,09*	0,70 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,96 ^{ns}	1,72 ^{ns}
Média Geral	58,96	60,37	54,15	73,34	74,71	73,84	65,87
CV(%)	8,47	11,30	2,83	4,06	10,14	13,10	3,65

*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. T1- 120 kg ha⁻¹ de N (nitrato de amônio); T2 – 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O (nitrato de amônio, fosfato monoamônio, cloreto de potássio); T3 - 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹, 45,7 kg ha⁻¹ S (nitrato de amônio, superfosfato simples, cloreto de potássio); T4- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 36,3 kg ha⁻¹ S (nitrato de amônio, S15, cloreto de potássio); T5- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 36,3 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B (nitrato de amônio, S15, KB); T6- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 2,5 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, cloreto de potássio); T7- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B, 2,5 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, KB); T8- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B, 5,0 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, KB, oxissulfato de Zn). S15: 13% N, 33% P₂O₅, 15%S; KB: 58% K₂O, 0,5%B; SZ: 12%N 32%P₂O₅, 15%S, 1%Zn. Dose de nitrogênio parcelada em quatro aplicações.

2.3.2 Análises bromatológica

A qualidade bromatológica em plantas forrageiras pode ser avaliada pela FDA, FDN e proteína bruta. Estes constituintes podem variar com a idade e parte da planta, fertilidade do solo, condições climáticas e manejo da pastagem (GERDES et al., 2000).

Os teores de FDN e FDA no período das águas e no período seco não apresentaram diferença estatística em função da adubação (Tabela 2.6). Esses resultados demonstram que a presença de fósforo, potássio, enxofre, boro e zinco não afetaram a qualidade da forragem, possivelmente devido à função fisiológica na nutrição de plantas desses nutrientes e pelo fornecimento igualitário de

nitrogênio em todos os tratamentos. Na comparação dos dois períodos avaliados também se observou valores muito semelhantes, discordando com Van Soest (1975) e Almeida et al. (2002) que relatam interferências de fatores ambientais como temperatura, umidade, luminosidade e fotoperíodo na composição bromatológica das plantas forrageiras.

De acordo com Van Soest (1994) teores de FDN superiores a 60% tende a diminuir o consumo voluntário do alimento pelos animais, agindo de forma negativa para no ganho de peso. De modo geral, observou-se que o capim-marandu apresentou valor acima dos considerados favoráveis à alimentação animal, exceto o tratamento T7 no corte das águas (Tabela 2.6).

Na proteína bruta não foi observada diferença no período das águas. No entanto, no período seco constatou-se efeito significativo, com as menores médias nos tratamentos T4 e T1. Possivelmente, os resultados podem estar relacionados à decomposição da matéria orgânica e atividade microbiana no solo influenciado pela presença e ausência de nutrientes. Teores de proteína bruta semelhantes foram observados nos mesmos períodos por Gerdes et al. (2000); Cecato et al. (2004); Medeiros et al. (2007). Cabe destacar, que embora tenha ocorrido diferença significativa entre os tratamentos, os valores estão próximos e todos estão dentro da faixa de média disponibilidade (PIRES, 2006;). Trabalhos realizados por Oliveira et al. (2010), analisando o valor nutritivo de *Urochloa decumbens* cv. Decumbens no primeiro ano de recuperação de áreas degradadas com aplicações de nitrogênio e enxofre verificaram aumento do teor de PB no período seco, valores semelhantes foram observados neste trabalho.

Teores de PB em forrageiras superiores a 7% são considerados satisfatórios para atividades de bactérias celulolíticas ruminais (VAN SOEST, 1994). No presente estudos todos os valores estão acima dos citados como referenciais.

Tabela 2.6. Teores de FDN, FDA e PB em dois cortes de capim-marandu adubados com fósforo e potássio associados a enxofre, boro e zinco

Tratamento	3º corte (Águas)			6º corte (Seca)		
	FDN	FDA	PB	FDN	FDA	PB
	------(%)-----					
T1	63,86	31,05	10,56	66,27	29,51	10,43 b
T2	62,93	30,04	10,87	66,82	30,02	11,01 a
T3	63,74	30,74	10,78	67,05	30,08	11,44 a
T4	65,35	31,23	11,50	65,73	28,75	10,03 b
T5	65,39	31,38	11,18	65,88	29,77	11,50 a
T6	64,36	31,11	11,45	74,45	33,91	10,95 a
T7	60,40	31,60	10,78	66,74	29,41	10,83 a
T8	64,11	31,06	10,79	65,97	25,15	11,59 a
Teste F	0,78 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,21 ^{ns}	1,40 ^{ns}	1,35 ^{ns}	3,39 [*]
Média	61,72	30,04	10,99	67,36	29,57	10,97
CV(%)	19,48	18,47	13,60	7,26	13,82	5,39

*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. T1- 120 kg ha⁻¹ de N (nitrato de amônio); T2 – 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O (nitrato de amônio, fosfato monoamônio, cloreto de potássio); T3 - 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹, 45,7 kg ha⁻¹ S (nitrato de amônio, superfosfato simples, cloreto de potássio); T4- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 36,3 kg ha⁻¹ S (nitrato de amônio, S15, cloreto de potássio); T5- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 36,3 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B (nitrato de amônio, S15, KB); T6- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 2,5 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, cloreto de potássio); T7- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B, 2,5 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, KB); T8- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B, 5,0 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, KB, oxissulfato de Zn). S15: 13% N, 33% P₂O₅, 15%S; KB: 58% K₂O, 0,5%B; SZ: 12%N 32%P₂O₅, 15%S, 1%Zn. Dose de nitrogênio parcelada em quatro aplicações.

2.6 CONCLUSÕES

A menor produção de massa verde e de massa seca de capim-marandu foi na ausência de aplicação de fósforo, potássio, enxofre, boro e zinco.

A aplicação de fósforo e potássio na presença de enxofre mais boro ou enxofre mais zinco aumentou 24% a produção de massa seca acumulada em relação ao tratamento controle.

A produção de folhas do capim-marandu variou no primeiro corte, com as maiores médias no T3 e T5, enquanto os demais cortes não foram observados efeito significativo.

Os teores de FDN e FDA da forragem de capim-marandu não variaram em função da adubação, enquanto o teor de proteína bruta diferiu somente no período seco, com os menores valores nos tratamentos T1 e T4.

2.7 REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, P. B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras gramíneas e leguminosas**. 3. ed. São Paulo: Editora Nobel. p. 28, 1992.
- ALMEIDA, R. G.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; EUCLIDES, V. P. B. Produção animal em pastos consorciados sob três taxas de lotação, no cerrado. **Rev. Bras. Zootecnia**, v. 31, Supl. 2, p. 852-857, 2002.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analyses**. Washington, D.C.: AOAC, 1970. 1015 p.
- BOTREL, M. A.; ALVIM, M. J.; FERREIRA, R. P.; XAVIER, D. F. Potencial forrageiro de gramíneas em condições de baixas temperaturas e altitudes elevada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 393-398, 2002.
- CAMPOS, F. P.; NUSSIO, C. M. B.; NUSSIO, L. G. **Métodos de análises de alimentos**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2004. 135 p.
- CECATO, U.; PEREIRA, L. A. F.; JOBIM, C. C.; MARTINS, E. N.; BRANCO, A. F.; GALBEIRO, SANDRA; MACHADO, A.O. Influência das adubações nitrogenada e fosfatada sobre a composição químico-bromatológica do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu) **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 26, n. 3, p. 409-416, 2004.
- CORRÊA, L. A.; FREITAS, A. R.; EUCLIDES, V. P. B. Níveis críticos de P para o estabelecimento de quatro cultivares de *Panicum maximum* em Latossolo Vermelho Amarelo, Álico. In: REUNIÃO ANUAL DA SOC. BRAS. ZOOTECNIA, 33., Fortaleza. **Anais..** Fortaleza: [s.n.], 1996. p.169-170.
- COSTA, K. A. de P.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I. P.; Custódio, D. P.; Silva, D. C. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência animal brasileira**, v. 6, n. 3, p. 187-193, jul. /set, 2005.
- FAGUNDES, L. J.; FONSECA, D. M.; GOMIDE, J. A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; VITOR, C. M. T.; MORAIS, R. V.; MISTURA, C.; REIS, G. C.; MARTUSCELLO, J. A. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria Decumbens* adubadas com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 40, n. 4, p. 397-403, 2005.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

- GERDES, L.; WERNER, J. C.; COLOZZA, M. T.; POSSENTI, R. A.; SCHAMMASS, E. A. Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras marandu, setária e Tanzânia nas estações do Ano. **Rev. Bras. Zootecnia**, v. 29, n. 4, p. 955-963, 2000.
- GOMIDE, J. A. **Exploração de pastagem em solos de baixa fertilidade**. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. DE; FARIA, V.P. (Eds.). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 8., 1986. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 481-497.
- LOPES, C. M.; PACIULLO, D. S. C.; ARAÚJO, S. A. DO C.; MORENZ, M. J. F.; GOMIDE, C. A. M.; MAURÍCIO, R. M.; BRAZ, T. G. S. Plant morphology and herbage accumulation of signal grass with or without fertilization, under different light regimes. **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, 2017.
- MEDEIROS, L. T.; REZENDE, A.; VIEIRA, P. F.; CUNHA NETO, F. R.; VALERIANO, A. R.; CASALI, A.O; GASTALDELLO JUNIOR, A. L. Produção e qualidade da forragem de capim-marandu fertiirrigada com dejetos líquidos de suínos, **Rev. Bras. Zootecnia**, v. 36, n. 2, p. 309-318, 2007.
- PIRES, W. **Manual de pastagem: formação, manejo e recuperação**. Viçosa: Ed. Aprenda Fácil, São Paulo. p. 64-74, 2006.
- PUPO, N. I. H. **Manual de pastagens e forrageiras: formação, conservação, utilização**. Campinas: Instituto Campeiro de Ensino Agrícola, 2002. p. 94.
- NUNES, S.G.; BOOK, A.; PENTEADO, M. I. DE O.; GOMES, D.T. Brachiaria brizantha cv. Marandu. 2. ed. Campo Grande: EMBRAPA CNPQC, 1985. 31 p. (Documentos, 21).
- RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo; Fundação IAC, 285 p. (Boletim técnico 100), 1996.
- RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. 285 p.
- SANTOS, H. G.; JOCOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBREARAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F. OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. Ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2018. 531 p.
- SANTOS, F. A. P.; NUSSIO, L. G.; SILVA, S. C. **Volumosos para bovinos**. Piracicaba, FEALQ, 1993. 177 p.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: UFV. 2002. p. 102-105.
- SILVA, S. C. **Fundamentos para o manejo do pastejo de plantas forrageiras dos gêneros Brachiaria e Panicum**. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO

ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2004. p. 347-385.

VAN SOEST P. J. **Composition and nutritive value of forage.** In: HEALLTH, M. E. The Science of Grassland Agriculture. 2. ed. Iowa: State Universit Press. 1975. p. 53-63.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

CAPITULO 3 – Aplicação de fósforo e potássio associados a enxofre, boro e zinco na formação de capim-marandu e seu efeito residual na fertilidade química do solo e estado nutricional

RESUMO – A produção de pastagens e estado nutricional da forrageira está relacionado a disponibilidade de nutrientes no solo. O objetivo do trabalho foi avaliar a adubação de formação, com fósforo e potássio associados a enxofre, boro e zinco na fertilidade química do solo e o estado nutricional da *Urochloa brizantha* cultivar Marandu. O experimento foi realizado na área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, UNESP, Campus de Dracena, em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico. O delineamento experimental foi em bloco casualizados, com quatro repetições. O delineamento experimental foi em bloco casualizados, com quatro repetições. Em todos os tratamentos foram aplicados 120 kg ha⁻¹ de N, na forma de nitrato de amônio, a qual foi dividida em quatro doses iguais, a primeira na semeadura e após os três cortes subsequentes. Os tratamentos foram os seguintes: T1) Controle - sem adubação, exceto N; T2) fósforo e potássio (PK) via fosfato monoamônio (MAP) e cloreto de potássio (KCl); T3) PKS via superfosfato simples (SS) e KCl; T4) PKS via S15 e KCl; T5) PKSB via S15 e KB; T6) PKSZn via SZ e KCl; T7) PKSBZn via SZ e KB; T8) PKSBZn via SZ, KB e oxisulfato Zn. Nos tratamentos com PK foi aplicada a dose de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 50 kg ha⁻¹ de K₂O. As doses de enxofre, boro e zinco foram proporcionais a concentração na formulação de cada fertilizante, exceto o tratamento oito no qual foi acrescido o oxisulfato de Zn para fornecer o dobro do micronutriente em relação ao tratamento T7. MAP: 11%N, 52%P₂O₅; KCl: 60% K₂O; SS: 21% P₂O₅, 12%S; S15: 13% N, 33% P₂O₅, 15% S; KB: 58% K₂O, 0,5% B; SZ: 12% N, 32% P₂O₅, 15% S, 1% Zn. Ocorreu um incremento na disponibilidade de fósforo, enxofre, boro e zinco na camada de 0-0,2 m do solo após um ano da aplicação dos nutrientes via fertilizante mineral. Boro e zinco apresentaram aumento na disponibilidade na camada de 0,2-0,4 m do solo, após um ano de aplicação dos nutrientes via fertilizantes minerais. Foi observada a menor concentração de fósforo na parte aérea do capim-marandu durante o período das águas no tratamento controle, enquanto os demais macros e micronutrientes e no período seco não foram encontrados significância.

Palavras chave: Adubação, macronutrientes, micronutrientes, pastagem, nutrição de plantas, *Urochloa brizantha*.

Phosphorus and potassium application associated with sulfur, boron and zinc in the formation of marandu grass and its residual effect on soil chemical fertility and nutritional status

ABSTRACT - Pasture production and forage nutritional status are related to the availability of nutrients in the soil. The objective of this work was to evaluate the fertilization of phosphorus and potassium associated with sulfur, boron and zinc in soil chemical fertility and the nutritional status of *Urochloa brizantha* cultivar Marandu. The experiment was carried out in the Experimental Area of the Faculty of Agrarian and Technological Sciences, UNESP, Campus of Dracena, in Ultisol dystrophic. The experimental design was randomized block, with four replicates. The experimental design was randomized block, with four replicates. In all treatments, 120 kg ha⁻¹ of N, in the form of ammonium nitrate, was divided into four equal doses, the first at sowing and after three subsequent cuts. The treatments were as follows: T1) Control - without fertilization, except N; T2) phosphorus and potassium (PK) via monoammonium phosphate (MAP) and potassium chloride (KCl); T3) PKS via single superphosphate (SS) and KCl; T4) PKS via S15 and KCl; T5) PKSB via S15 and KB; T6) PKSZn via SZ and KCl; T7) PKSBZn via SZ and KB; T8) PKSBZn via SZ, KB and Zn oxysulphate. In the treatments with PK the dose of 80 kg ha⁻¹ of P₂O₅ and 50 kg ha⁻¹ of K₂O was applied. The sulfur, boron and zinc doses were proportional to the concentration in the formulation of each fertilizer, except treatment eight in which the Zn oxysulphate was added to provide double the micronutrient in relation to the T7 treatment. MAP: 11% N, 52% P₂O₅; KCl: 60% K₂O; SS: 21% P₂O₅, 12% S; S15: 13% N, 33% P₂O₅, 15% S; KB: 58% K₂O, 0.5% B; SZ: 12% N, 32% P₂O₅, 15% S, 1% Zn. There was an increase in the availability of phosphorus, sulfur, boron and zinc in the 0-0.2 m depth of soil after one year of nutrient application via mineral fertilizer. Boron and zinc showed increased availability in the 0.2-0.4 m depth of soil after one year of nutrient application via mineral fertilizers. It was observed the lowest phosphorus concentration in the aerial part of the marandu grass during the period of the waters in the control treatment, while the other macros and micronutrients and in the dry period were not found significant.

Key words: Fertilization, macronutrients, micronutrients, pasture, plant nutrition, *Urochloa brizantha*.

3.1 INTRODUÇÃO

A necessidade crescente de aumento da produção agrícola tem provocado uma exploração intensa dos solos, muitas vezes de forma inadequada, que reflete na degradação do solo com diminuição da fertilidade física, química e biológica (FILHO et al., 2011).

De acordo com Vitor et al. (2009), muitos pecuaristas obtiveram resultados econômicos abaixo de suas possibilidades produtivas. Onde, um dos motivos deste déficit produtivo está relacionado à baixa fertilidade de nossos solos (SANTOS et al., 2002).

Os solos ocupados por pastagens, em muitos casos são de áreas marginais em relação àqueles usados pela agricultura de grãos e com adubações restritivas, contribuindo com as causas da degradação das pastagens e redução no potencial produtivo no sistema pastoril (ADAMOLI et al., 1986; COSTA et al., 2010).

Embora a exportação de nutrientes com consumo de forragem pelos animais destinados à produção de carne, leite e lã seja baixa, a alta extração pelas plantas, somada às perdas e à ineficiência da reciclagem de nutrientes dos dejetos de animais, a reposição de nutrientes se torna primordial (CORSI; MARTHA Jr., 1997; BODDEY et al., 2000).

Costa et al. (2009) relatou que as baixas produtividade na pecuária está atrelada ao esgotamento da fertilidade do solo, em consequência da ausência de reposição de nutrientes, tem sido apontado como uma das principais causas da degradação de pastagens cultivadas.

leiri et al. (2010), com a aplicação de fósforo em recuperação de pastagem de *Urochloa*, utilizando doses de 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, verificou acréscimo no teor do elemento no solo com aumento das doses. Segundo Dias (2015), a adubação fosfatada, independentemente da fonte, propiciou incremento na produção da matéria seca das folhas e da parte aérea do capim Piatã, adubados com diferentes fontes de fósforo.

Dentre os micronutrientes, o boro e o zinco devem receber maiores atenções, devido as suas baixas disponibilidades naturais nos solos tropicais, que frequentemente promovem deficiência nas culturas (FAQUIN, 2005).

Segundo Andrade (1994), a utilização de doses de micronutrientes em campos de produção de sementes deve ser de 2 a 3 kg ha⁻¹ de Zn e de 0,45 a 0,54 kg ha⁻¹ de B.

Para alcançar a longevidade das pastagens e o aumento da capacidade de suporte, aumentar a fertilidade do solo, por meio da aplicação de macronutrientes e micronutrientes é uma estratégia amplamente recomendada e avaliar a concentração de nutrientes na planta é um importante parâmetro para obter informações sobre o estado nutricional da cultura, bem como para avaliar o aproveitamento do nutriente pela cultura.

Com isso, o trabalho teve como objetivo avaliar a adubação de formação com fósforo e potássio associados a enxofre, boro e zinco na fertilidade química do solo e o estado nutricional da *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo na área experimental da UNESP, Campus de Dracena - SP, situado a 21° 27' latitude sul, 51° 36' longitude oeste e a 421 metros de altitude, compreendendo o período de agosto 2016 a julho 2017. A espécie forrageira utilizada foi *Urochloa brizantha* (syn. *Brachiaria brizantha*), cultivar Marandu. O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (SANTOS, 2013).

O clima local, conforme a classificação de Koppen é do tipo Cwa, caracterizado pelas estações de clima quente e de inverno seco. As médias anuais de temperatura e precipitação são respectivamente, 24°C e 1.300 mm, com temperatura média máxima de 31°C e média mínima de 19°C. Os valores de temperatura e precipitação durante o período experimental estão apresentados na Figura 3.1.

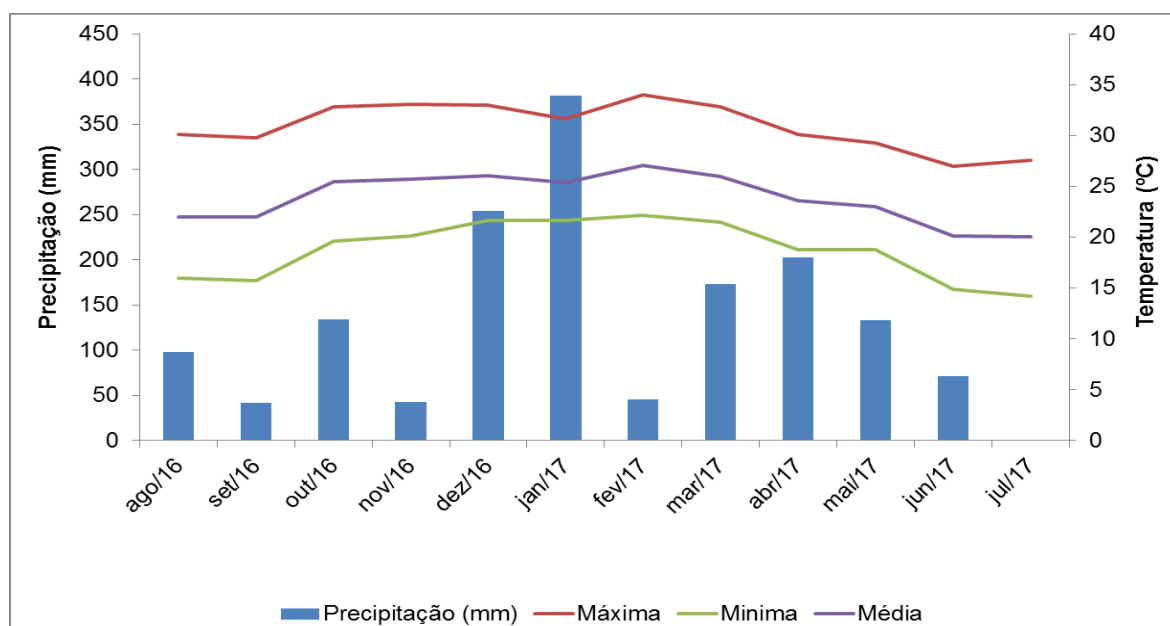


Figura 3.1. Precipitação e temperaturas média, mínima e máxima observada durante o período experimental. Fonte: Estação climatológica – UNESP Dracena.

Para caracterização química do solo, antes da instalação da pesquisa, foram coletadas 10 amostras simples de solo, na camada de 0-20 e 0,2-0,4 m de profundidades, para formar a amostra composta de cada camada. As análises e determinações ocorreram segundo descrição de Raij et al. (2001), para os teores de P, K, Ca e Mg utilizou-se o método da resina trocadora de íons; S-SO₄²⁻ com extração com solução de fosfato de cálcio; pH em CaCl₂; matéria orgânica por colorimetria. Em relação aos micronutrientes o boro foi extraído via água quente e Cu, Fe, Mn e Zn em DTPA. Atributos químicos estão apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1. Atributos químicos e físicos do Argissolo Vermelho Amarelo distrófico na ocasião da implantação do experimento. Dracena, 2016/2017

Prof	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC
m		g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						
0-0,2	4,4	9	3	1,3	5	2	15	4	8,3	23,3
0,2-0,4	4,6	13	7	2,6	5	4	16	2	11,6	27,6

Prof	V	m	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Areia	Argila	Silte
m	-----%		-----mg dm ⁻³ -----			-----g kg ⁻¹ -----					
0-0,2	36	33	3	0,20	0,5	15	5,8	0,5	850	120	30
0,2-0,4	42	15	3	0,09	0,6	23	10,1	1,1	892	80	28

P, Ca, Mg e K: resina; S: fosfato de cálcio; B: água quente; SB: soma de bases (K+Ca+Mg); Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA em pH 7,3; CTC: capacidade de troca de cátions.

O delineamento experimental foi bloco casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos ocorreram conforme descrito na Tabela 3.2. O experimento foi implantado em uma área com *Urochloa brizantha* cultivar Decumbens por 8 anos. Para o preparo do solo foi utilizado o sistema convencional, com uma aração e duas gradagens para eliminação da cultura anterior e incorporação do calcário. A necessidade de calagem foi determinada pelo método da saturação por base para atingir 60% (RAIJ, et al., 1996).

Tabela 3.2. Tratamentos aplicados na adubação de formação do capim-Marandu

Tratamentos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	B	Zn
----- kg ha ⁻¹ -----						
T1	30 + 90	0	0	0	0	0
T2	30 + 90	80	50	0	0	0
T3	30 + 90	80	50	45,7	0	0
T4	31+ 89	80	50	36,3	0	0
T5	31+ 89	80	50	36,3	0,43	0
T6	30 + 90	80	50	37,5	0	2,50
T7	30 + 90	80	50	37,5	0,43	2,50
T8	30 + 90	80	50	37,5	0,43	5,00

Fontes de fertilizantes: T1- nitrato de amônio; T2 – nitrato de amônio, fosfato monoamônio, cloreto de potássio; T3 - nitrato de amônio, superfosfato simples, cloreto de potássio; T4- nitrato de amônio, S15, cloreto de potássio; T5 - nitrato de amônio, S15, KB; T6- nitrato de amônio, SZ, cloreto de potássio; T7 - nitrato de amônio, SZ, KB; T8- nitrato de amônio, SZ, KB, oxissulfato de Zn.

S15: 13% N, 33% P₂O₅, 15%S; KB: 58% K₂O, 0,5%B; SZ: 12%N 32%P₂O₅, 15%S, 1%Zn; S15: 13% N 33% P₂O₅ 15%S; KB: 58% K₂O, 0,5%B. Oxissulfato de Zn: 20% Zn. Obs.: A dose de N complementar na adubação de plantio foi com Nitrato de Amônio (32%) dividida em quatro parcelas, na semeadura e após os três cortes subsequentes.

O solo permaneceu em repouso por período de 60 dias após a calagem. Posteriormente foram demarcadas as parcelas e aplicação dos tratamentos conforme descrito na Tabela 3.2. A adubação foi realizada no início do experimento (dezembro/2016) e as amostras de solo para análise foram coletadas no final do período experimental (julho/2017), ocorrendo três coletas de amostras simples por parcela, compondo uma amostra composta de cada parcela, nas respectivas profundidades de 0-0,2 e 0,2-0,4 m.

Para avaliar o estado nutricional do capim-marandu foi realizado em um corte no período das águas e um corte no período seco.

As plantas foram cortadas quando a média de altura, do melhor tratamento, atingiu 0,28 m. Para amostragem da forragem, foi utilizado um amostrador

retangular de 1m x 0,5m, padronizado a altura de corte a 0,15 m, posicionado em ponto aleatório e representativo de cada parcela. Em seguida as amostras foram sub amostradas e acondicionadas em estufa de circulação de ar forçado a 65 °C por 72 horas conforme descreve Silva e Queiroz (2002). Posteriormente, processadas em moinho tipo Wiley, seguindo pelas análises laboratoriais para determinação da concentração de macro e micronutrientes (MALAVOLTA, et al. 1997).

Todos os resultados foram avaliados estatisticamente com auxílio do programa SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011) para análise da variância e comparação de médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

3.3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1- Fertilidades químicas do solo

Os resultados da análise química do solo na profundidade 0-0,2 m, após um ano da condução do experimento estão descritos nas Tabelas 3.3. Na camada de 0-0,20 m, o menor teor de fósforo foi encontrado no tratamento com exclusão do nutriente na adubação (T1). Nos demais tratamentos, com aplicação de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅, apresentaram variação na disponibilidade de fósforo em função das fontes. O tratamento T8 apresentou a maior disponibilidade do nutriente, seguido pelos tratamentos T7 e T6, todos com utilização da fonte SZ e T3 com a utilização de superfosfato simples como fonte fosfatada (Tabela 3.3). Enquanto as fontes S15 e MAP apresentaram a mesma disponibilidade de fósforo. A maior disponibilidade de fósforo nos tratamentos com SZ e superfosfato simples pode estar associada ao processo industrial de produção ou na forma ou na fonte de enxofre que é incorporado aos fertilizantes. É importante considerar que se há maior disponibilidade de fósforo no final do ciclo da cultura, podem ocorrer resultados positivos no efeito residual.

De acordo com Vilela et al. (2000), a *Urochloa brizantha* cv. Marandu é uma forrageira exigente em fertilidade do solo, considerados teores adequados acima de 11 mg dm⁻³ de fósforo extraídos por meio de resina trocadora de íons. Dessa maneira, observou-se que os valores disponíveis foram atingidos nos tratamentos T8, T7 e T3.

Tabela 3.3. Atributos químicos em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, cultivado com capim-marandu, na camada 0-0,2 m, no final primeiro ano experimental

Tratamentos	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB
		g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³					
T1	4,85	13,75	3,75 d	2,30	6,00	3,75 b	18,00	2,00	12,05
T2	4,65	13,75	7,00 c	2,40	7,50	5,00 a	21,50	2,50	14,90
T3	4,55	13,75	11,25 b	2,07	7,50	3,25 b	21,75	2,50	12,82
T4	4,92	14,25	7,00 c	2,50	8,00	6,75 a	18,75	1,50	17,25
T5	4,77	13,75	8,25 c	2,17	9,25	5,75 a	20,25	1,75	17,17
T6	4,50	13,50	9,50 b	2,17	7,25	4,75 a	20,75	2,75	14,17
T7	4,72	14,25	11,50 b	2,22	8,50	5,50 a	18,50	1,75	16,22
T8	4,62	14,25	14,25 a	2,40	8,75	5,50 a	20,25	2,50	16,65
Teste F	0,88 ^{ns}	0,37 ^{ns}	21,00*	0,47 ^{ns}	1,43 ^{ns}	3,95*	0,81 ^{ns}	0,38 ^{ns}	2,52*
Média Geral	4,70	13,90	9,06	2,28	7,84	5,03	19,97	2,15	15,15
CV(%)	6,62	6,94	15,79	18,33	3,73†	3,30†	15,61	9,19†	16,58

	CTC	V	m	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mmol _c dm ⁻³	%		mg dm ⁻³					
T1	30,05	40,00	14,00	3,25 b	0,07 c	0,52	13,75 b	8,90	0,85 d
T2	36,40	40,75	15,25	3,25 b	0,08 c	0,50	16,00 b	9,80	0,80 d
T3	34,57	37,25	16,00	4,00 a	0,09 c	0,47	16,75 a	11,02	0,95 d
T4	36,00	47,75	9,50	4,25 a	0,07 c	0,50	14,75 b	10,50	1,20 d
T5	37,42	45,50	10,25	4,00 a	0,15 a	0,47	17,75 a	12,12	1,15 d
T6	34,92	40,25	17,00	4,00 a	0,09 c	0,45	18,00 a	12,72	2,50 c
T7	34,72	46,75	9,50	4,00 a	0,11 b	0,45	18,25 a	13,17	3,10 b
T8	36,90	44,75	15,50	4,25 a	0,15 a	0,42	19,50 a	11,87	4,95 a
Teste F	1,75 ^{ns}	1,61 ^{ns}	0,43 ^{ns}	3,14*	8,48*	2,28 ⁿ	2,76*	1,86 ^{ns}	62,08*
Média Geral	35,12	42,87	13,37	3,87	0,10	0,47	16,84	11,26	1,93
CV (%)	9,89	13,93	17,89†	11,67	0,59†	9,12	13,72	19,19	19,41

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. ns: não significativo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. (†) Valores transformados pela equação $5 + \sqrt{x}$. P, Ca, Mg e K: resina; S: fosfato de cálcio; B: água quente; Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA em pH 7,3; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; T1- 120 kg ha⁻¹ de N (nitrato de amônio); T2 - 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O (nitrato de amônio, fosfato monoamônio, cloreto de potássio); T3 - 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹, 45,7 kg ha⁻¹ S (nitrato de amônio, superfosfato simples, cloreto de potássio); T4- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 36,3 kg ha⁻¹ S (nitrato de amônio, S15, cloreto de potássio); T5- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 36,3 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B (nitrato de amônio, S15, KB); T6- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 2,5 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, cloreto de potássio); T7- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B, 2,5 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, KB); T8- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B, 5,0 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, KB, oxisulfato de Zn). S15: 13% N, 33% P₂O₅, 15%S; KB: 58% K₂O, 0,5%B; SZ: 12%N 32%P₂O₅, 15%S, 1%Zn. Dose de nitrogênio parcelada em quatro aplicações.

O potássio, mesmo sendo suprimido da adubação no T1, apresentou concentração no solo semelhante aos tratamentos com aplicação de 50 kg ha⁻¹ de

K₂O. Esses resultados demonstram que não ocorreu a construção da fertilidade do solo em função da adubação. Esses resultados podem ser atribuídos à solubilidade e mobilidade do nutriente no solo. Além disso, verificou-se no tratamento sem adubação acréscimo no teor do elemento na camada 0-0,2 m em relação ao encontrado por ocasião da instalação do experimento, o que pode ser atribuído à ciclagem de potássio de camadas mais profundas do solo. Assim, por meio da decomposição da matéria orgânica, o elemento retornou a camada arável (RAIJ, 2011).

Em relação ao efeito residual de enxofre no solo, observou-se nos tratamentos T1 e T2 apresentaram os menores valores, devido à ausência do elemento na adubação, o que evidencia a deficiência do elemento em solos com baixo teor de matéria orgânica e de argila. Já os demais tratamentos não apresentaram diferença entre eles, mesmo que as fontes SZ e S15 possuem na sua composição 50% do nutriente na forma de sulfato, que está prontamente disponível e 50% na forma elementar, que necessitada do processo de oxidação por ação de microrganismos presentes no solo para se tornar disponível (DEGRYSE et al., 2017). Semelhante ao observado com o potássio, dificilmente ocorrerá aumento considerável em solos com pequena fração coloidal, devido a sua reduzida força de adsorção (MAURER, 1991).

A concentração de boro no solo, na profundidade 0-0,20 m, aumentou de modo significativo, T5 e T8 com a aplicação de 0,430 kg ha⁻¹ de B (Tabela 3.3). No entanto, para o efeito residual não foi o suficiente para sair da faixa de baixa disponibilidade (<0,20), segundo Raij et al. (1997). Nos demais tratamentos não houve diferença e com valores muito baixos, que pode ser atribuído ao reduzido teor de matéria orgânica presente no solo (MALAVOLTA, 1980), uma vez que é a principal fonte de B em solos tropicais e por ser um elemento de alta mobilidade no solo.

O efeito residual de zinco no solo apresentou os maiores valores no tratamento T8, com aplicação de 5 kg ha⁻¹ de Zn, seguido pelos T7 e T6, com aplicação de 2,50 kg ha⁻¹ de Zn. Isso comprova a possibilidade de construção da fertilidade do solo em condições de carência desses micronutrientes, a qual passou de média disponibilidade de Zn no início do estudo para alta disponibilidade após um ano de cultivo (RAIJ, et al., 1997). Os demais nutrientes

na camada superficial do solo não apresentaram variação significativa, exceto o Fe, no entanto permaneceu na mesma faixa de interpretação (Tabela 3.3).

Em relação à camada subsuperficial do solo, não houve efeito dos tratamentos em relação aos teores de matéria orgânica, P, K, Ca, H+Al, Al, soma de bases, capacidade de troca de cátions, saturação por base, saturação de alumínio, S, Cu, Fe e Mn (Tabela 3.4). A ausência de variação do teor de P na camada subsuperficial pode ter ocorrido devido a pouca mobilidade do elemento no solo. Quanto ao potássio, observou-se redução no teor no solo, semelhante a tendência verificada na camada superficial e classificado como muito baixa disponibilidade (RAIJ, et al. 1997). A redução do teor pode ter ocorrido devido a alta extração do nutriente por plantas forrageira. Para o enxofre a ausência de efeito em função dos tratamentos, pode ser atribuído a lixiviação para camadas mais profundas e pela extração pela da cultura (SANTOS, 1981).

Os micronutrientes boro e zinco na profundidade 0,20-0,40 m seguiu a mesma tendência verificada na camada superficial, com maior concentração com a aplicação dos nutrientes por meio do fertilizante (Tabela 3.4). No entanto, mesmo o teor de B ter apresentado incremento, a disponibilidade continuou muito baixa (RAIJ, et al., 1997). O teor de Zn foi diretamente proporcional a dose aplicada. Esses resultados evidenciam a possibilidade da construção da fertilidade do solo, pois os teores de disponibilidade iniciais foram classificados como muito baixos e após a aplicação dos fertilizantes a disponibilidade de Zn foi para faixa considerada de média e alta, dependendo da dose aplicada. O teor de Mg apresentou variação do solo, mas de modo geral, todos os valores foram próximos, recorrendo à interpretação de média disponibilidade (RAIJ, et al. 1997).

Tabela 3.4. Análise química do solo no final do primeiro ano do experimento, profundidade 0,20-0,40 m

Tratamentos	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB
		g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----					
T1	4,97	12,00	3,00	1,00	8,75	5,00 b	18,00	1,00	14,75
T2	4,92	12,75	5,00	1,17	9,00	6,75 a	19,25	1,25	16,92
T3	4,57	12,50	4,75	1,02	7,75	5,00 b	19,50	3,25	13,77
T4	5,12	13,00	4,25	1,17	10,75	6,75 a	17,00	1,00	18,67
T5	5,00	12,75	5,75	1,05	9,50	6,50 a	17,75	0,75	17,05
T6	4,97	12,00	4,75	1,05	7,75	6,50 a	18,00	1,00	15,30
T7	5,12	12,00	4,50	0,97	8,75	6,75 a	15,75	0,25	16,47
T8	4,87	12,75	6,50	1,07	9,00	4,50 b	17,75	2,00	14,57
Teste F	0,84 ^{ns}	0,60 ^{ns}	3,21 ^{ns}	0,56 ^{ns}	2,11 ^{ns}	2,43*	0,83 ^{ns}	1,84 ^{ns}	1,96 ^{ns}
Média Geral	4,94	12,46	4,81	1,06	8,90	5,96	17,87	1,31	15,94
CV(%)	7,64	8,47	3,63†	18,62	14,88	3,34†	14,52	13,68	14,47

Tratamentos	CTC	V	m	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mmol _c dm ⁻³	----- % -----		----- mg dm ⁻³ -----					
T1	32,75	44,75	8,00	3,25	0,06 b	0,47	13,00	4,82	0,65 c
T2	36,17	46,75	7,25	3,50	0,06 b	0,47	15,00	5,67	0,57 c
T3	33,27	40,75	20,75	4,00	0,07 b	0,55	16,75	6,70	0,62 c
T4	35,67	52,25	6,00	4,25	0,07 b	0,50	13,00	6,00	0,67 c
T5	34,80	49,00	4,25	4,25	0,13 a	0,50	14,75	6,85	0,77 c
T6	33,30	45,50	5,50	3,75	0,07 b	0,75	15,00	7,05	1,20 b
T7	32,22	51,00	1,75	3,75	0,10 a	0,45	10,75	6,87	1,05 b
T8	32,32	45,25	14,00	4,00	0,13 a	0,45	12,25	6,35	1,40 a
Teste F	0,89 ^{ns}	1,81 ^{ns}	2,03 ^{ns}	1,84 ^{ns}	9,87*	1,01 ^{ns}	1,95 ^{ns}	1,96 ^{ns}	20,25*
Média Geral	33,81	46,90	8,43	3,84	0,08	0,51	13,81	6,29	0,86
CV(%)	9,60	11,79	27,97†	13,50	0,49†	1,89†	19,76	17,19	15,76

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. ns: não significativo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. (†) Valores transformados pela equação $5 + \sqrt{x}$. P, Ca, Mg e K: resina; S: fosfato de cálcio; B: água quente; Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA em pH 7,3; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; T1- 120 kg ha⁻¹ de N (nitrato de amônio); T2 – 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O (nitrato de amônio, fosfato monoamônio, cloreto de potássio); T3 - 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹, 45,7 kg ha⁻¹ S (nitrato de amônio, superfosfato simples, cloreto de potássio); T4- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 36,3 kg ha⁻¹ S (nitrato de amônio, S15, cloreto de potássio); T5- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 36,3 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B (nitrato de amônio, S15, KB); T6- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 2,5 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, cloreto de potássio); T7- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B, 2,5 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, KB); T8- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B, 5,0 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, KB, oxissulfato de Zn). S15: 13% N, 33% P₂O₅, 15%S; KB: 58% K₂O, 0,5%B; SZ: 12%N 32%P₂O₅, 15%S, 1%Zn. Dose de nitrogênio parcelada em quatro aplicações.

3.3.2 Concentrações de nutrientes na parte aérea do capim-marandu

Os teores de macro e micronutrientes na parte aérea do capim-marandu no período das águas estão apresentados na Tabela 3.5. Observa-se que o teor de fósforo na forrageira apresentou redução significativa quando o nutriente foi omitido na adubação. A ausência do nutriente na adubação além de prejudicar a nutrição das plantas, também pode comprometer a qualidade da forragem disponível para o consumo pelos animais (SOARES et al., 2007). No entanto, todos os tratamentos apresentaram teores de P dentro das faixas consideradas adequadas (RAIJ et al., 1997) e semelhantes ao encontrado por Primavesi et al. (2006).

Em relação ao potássio, verificou-se que a ausência do nutriente na adubação não afetou o estado nutricional da forrageira, o que pode estar relacionado à média disponibilidade do nutriente no solo por ocasião da implantação e foi o suficiente para atender a demanda nutricional do capim-marandu, segundo Raij et al. (1997).

Teores de K encontrados, não apresentaram diferença estatística e todos os tratamentos se encontram acima da faixa de teores adequados segundo Raij et al. (1997) e acima dos descritos por Primavesi et al. (2006), caracterizando o ocorrido com o elemento na camada superficial do solo (Tabela 3.3).

Embora o fornecimento de S foi nas formas de sulfato (50%) e elementar (50%) nos tratamentos S15 e SZ e na forma de sulfato para os demais tratamentos com S, observou-se que essa variável não afetou a absorção do nutriente, o que pode ter sido suprido pela disponibilidade do elemento no solo por ocasião do início da experimentação, valores semelhantes foram encontrados por Primavesi et al. (2006) e dentro da faixa de teores adequados (RAIJ et al., 1997). Os demais nutrientes não apresentaram efeito significativo na concentração em função da adubação (Tabela 3.5). Para os micronutrientes B e Zn não ocorreu diferenças significativas entre os tratamentos, porém as faixas de teores de nutrientes encontrados no capim-marandu, são considerados abaixo dos adequados para o elemento B e dentro da faixa para o Zn (RAIJ et al., 1997).

Tabela 3.5. Concentrações de nutrientes na parte aérea do capim-marandu, no período das águas adubado com fósforo e potássio associados a enxofre, boro e zinco

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
-----g kg ⁻¹ -----						
T1	16,90	1,95 b	41,85	4,17	3,82	1,60
T2	17,40	2,90 a	44,62	4,05	3,87	1,67
T3	17,25	2,85 a	45,02	4,30	3,80	1,90
T4	18,40	2,87 a	45,55	4,25	3,77	1,72
T5	17,90	2,67 a	42,35	3,90	3,72	1,92
T6	18,32	2,65 a	43,62	4,17	3,72	1,80
T7	17,25	2,77 a	46,27	4,27	3,87	1,70
T8	17,27	2,95 a	46,12	4,30	3,85	1,67
Teste F	0,21 ^{ns}	7,27*	1,02 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1,08 ^{ns}
Média Geral	17,58	2,70	44,42	4,17	3,80	1,75
CV(%)	13,61	8,84	7,45	7,88	8,07	12,62

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----mg kg ⁻¹ -----					
T1	3,75	5,25	102,00	67,50	20,75
T2	4,25	5,00	121,75	70,25	19,75
T3	2,75	7,75	115,50	72,25	25,00
T4	2,75	5,25	146,50	74,25	23,25
T5	2,75	4,50	145,75	84,00	23,00
T6	2,00	5,50	124,25	80,00	24,25
T7	2,25	5,00	124,00	76,00	24,75
T8	3,25	4,00	108,00	77,25	24,75
Teste F	1,42 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,36 ^{ns}
Média Geral	2,97	5,28	123,46	75,18	23,18
CV(%)	5,29†	7,34†	9,01†	6,05†	6,74†

*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. ns: não significativo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. (†) Valores transformados pela equação $5 + \sqrt{x}$. T2 - 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P2O5, 50 kg ha⁻¹ K2O (nitrato de amônio, fosfato monoamônio, cloreto de potássio); T3 - 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P2O5, 50 kg ha⁻¹, 45,7 kg ha⁻¹ S (nitrato de amônio, superfosfato simples, cloreto de potássio); T4- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P2O5, 50 kg ha⁻¹ K2O, 36,3 kg ha⁻¹ S (nitrato de amônio, S15, cloreto de potássio); T5- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P2O5, 50 kg ha⁻¹ K2O, 36,3 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B (nitrato de amônio, S15, KB); T6- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P2O5, 50 kg ha⁻¹ K2O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 2,5 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, cloreto de potássio); T7- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P2O5, 50 kg ha⁻¹ K2O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B, 2,5 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, KB); T8- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P2O5, 50 kg ha⁻¹ K2O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B, 5,0 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, KB, oxisulfato de Zn). S15: 13% N, 33% P2O5, 15%S; KB: 58% K2O, 0,5%B; SZ: 12%N 32%P2O5, 15%S, 1%Zn. Dose de nitrogênio parcelada em quatro aplicações.

Os resultados da concentração macro e micronutrientes na parte aérea do capim-marandu amostrado no período seco estão compilados na Tabela 3.6. Entre os macronutrientes verificou-se diferença somente na concentração de N,

mesmo com a mesma dose (120 kg ha^{-1}) para todos os tratamentos. Embora tenha apresentado variação estatística, observa-se que todos os tratamentos estão na faixa de nutrição mineral adequada, semelhante ao verificado com os demais macronutrientes (RAIJ et al., 1997). Em relação aos micronutrientes, o B, Cu, Fe e Zn não apresentaram diferença significativa (Tabela 3.6).

O Mn, mesmo sem aplicação de fontes com o micronutriente, variou entre os tratamentos, podendo ser considerada como variação experimental por todos estarem na mesma faixa de interpretação, porém estão acima dos teores encontrados por Primavesi et al. (2006) no período chuvoso. O B apresentou teores baixos, que pode ser atribuído a alta mobilidade no solo, podendo ser lixiviado, bem como pela baixa disponibilidade natural, resultados semelhantes encontrados por Paschoaloto et al (2008) em experimentos realizados em casa de vegetação analisando Produção de *Brachiaria Brizantha* cv. marandu em condições de subtração nutricional. Por sua vez, os teores de Cu e Mn são superiores e os de Fe e Zn estão abaixo aos descritos por Primavesi et al. (2006), porém todos eles apresentaram teores considerados adequados para o capim marandu (RAIJ et al.,1997). No ano de 2017 ocorreu um regime hídrico atípico, com chuva de aproximadamente 50 mm no mês de junho, o que propiciou a absorção de nutrientes num período que normalmente há déficit hídrico. Possivelmente, por esse motivo a maioria os teores estão dentro da faixa considerada adequada para o capim-marandu na amostragem do período de inverno.

Tabela 3.6. Concentrações de nutrientes na parte aérea do capim-marandu, no período da seca, adubado com fósforo e potássio associados a enxofre, boro e zinco

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
-----g kg ⁻¹ -----						
T1	16,70 b	2,80	24,22	4,32	4,42	1,72
T2	17,62 a	2,80	23,70	4,60	4,55	1,82
T3	18,30 a	2,35	24,82	3,92	3,50	1,82
T4	16,05 b	2,57	22,77	4,42	3,80	1,55
T5	18,40 a	2,70	21,97	4,17	3,95	1,87
T6	17,52 a	2,95	22,02	4,10	3,82	1,80
T7	17,32 a	2,47	21,37	4,42	3,80	1,62
T8	18,55 a	2,57	22,27	4,37	4,05	1,65
Teste F	3,37*	1,72 ^{ns}	0,93 ^{ns}	1,28 ^{ns}	1,57 ^{ns}	0,82 ^{ns}
Média Geral	17,55	2,65	22,89	4,29	3,98	1,73
CV(%)	5,40	11,27	11,05	8,83	13,90	14,74

	B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----mg kg ⁻¹ -----					
T1	6,00	7,50	145,75	86,50 b	23,50
T2	4,00	11,75	134,00	95,25 b	27,50
T3	3,25	12,00	129,00	145,75 a	26,50
T4	4,75	10,00	120,00	143,50 a	27,50
T5	4,75	9,75	140,25	131,25 a	27,50
T6	3,00	8,75	138,25	128,50 a	26,25
T7	3,00	11,00	130,50	131,50 a	29,50
T8	3,25	17,50	119,00	90,75 b	25,00
Teste F	1,55 ^{ns}	2,28 ^{ns}	0,73 ^{ns}	8,15*	0,85 ^{ns}
Média Geral	4,00	11,03	132,09	119,12	26,65
CV(%)	6,68†	36,17	16,65	14,29	14,79

*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. ns: não significativo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. (†) Valores transformados pela equação $5 + \sqrt{x}$; T1- 120 kg ha⁻¹ de N (nitrato de amônio); T2 - 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O (nitrato de amônio, fosfato monoamônio, cloreto de potássio); T3 - 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹, 45,7 kg ha⁻¹ S (nitrato de amônio, superfosfato simples, cloreto de potássio); T4- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 36,3 kg ha⁻¹ S (nitrato de amônio, S15, cloreto de potássio); T5- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 36,3 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B (nitrato de amônio, S15, KB); T6- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 2,5 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, cloreto de potássio); T7- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B, 2,5 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, KB); T8- 120 kg ha⁻¹ de N, 80 P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ K₂O, 37,5 kg ha⁻¹ S, 0,43 kg ha⁻¹ B, 5,0 kg ha⁻¹ Zn (nitrato de amônio, SZ, KB, oxisulfato de Zn). S15: 13% N, 33% P₂O₅, 15%S; KB: 58% K₂O, 0,5%B; SZ: 12%N 32%P₂O₅, 15%S, 1%Zn. Dose de nitrogênio parcelada em quatro aplicações.

3.4 CONCLUSÕES

Na camada de 0-0,2 m do solo, foi possível constatar o incremento na disponibilidade de fósforo, enxofre, boro e zinco, após um ano da aplicação dos nutrientes via fertilizante mineral.

Na camada de 0,2-0,4 m do solo, o boro e o zinco apresentaram aumento na disponibilidade, após um ano de aplicação dos nutrientes via fertilizantes minerais.

No período das águas, a menor concentração de fósforo na parte aérea do capim-marandu foi observada no tratamento controle (sem adubação). Os demais nutrientes não apresentaram variação.

No período seco todos os macronutrientes e micronutrientes apresentaram teores adequados na massa seca do capim marandu, exceto o boro.

3.5 REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R. P. Tecnologia de produção de sementes de espécies do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 1994. 325 p.
- BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; OLIVEIRA, O. C.; URQUIAGA, S. A degradação das pastagens e o ciclo do nitrogênio. In: WORKSHOP: NITROGÊNIO NA SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO PECUÁRIA, Dourados, 2000. **Anais...** Dourados: EMBRAPA, 2000. p.110-123.
- BONFIM-SILVA, E. M.; MONTEIRO, F. A. Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-braquiária proveniente de área de pastagem em degradação. **Rev. Bras. de Zootecnia**, v. 35, p. 1289-1297, 2006.
- DEGRYSE, F.; SILVA, R. C.; BAIRD, R.; BEYRER, T.; BELOW, F.; MCLAUGHLIN, M. J. Uptake of elemental or sulfate-S from fall- or spring-applied co-granulated fertilizer by corn—A stable isotope and modeling study. **Field Crops Research**, v. 221, p. 322–332, 2017.
- COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; SEVERINO, E. C.; OLIVEIRA, M. A. Doses e fontes de nitrogênio na nutrição mineral do capim-Marandu. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 1, p. 115-123, 2009.
- CORSI, M.; MARTHA JR., G. B. Manutenção da fertilidade do solo em sistemas intensivos de pastejo rotacionado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, 1997. p. 161-193.

DIAS, D. G.; PEGORARO, R. F.; ALVES, D. D.; PORTO, E. M. V.; SANTOS NETO, J. A.; ASPIAZÚ, I. Produção do capim Piatã submetido a diferentes fontes de fósforo. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 330–335, 2015.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. p. 179.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FILHO, J. T.; FERREIRA; R. R. M.; MARTINS, V. Fertilidade química de solo sob pastagens formadas com diferentes espécies nativas e com *Brachiaria decumbens* manejadas com queimadas anuais Soils chemical fertility in pastures formed by native species and *Brachiaria decumbens* managed with annual fire. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32 (suplemento 1), p. 1771-1782. 2011.

IEIRI, A. Y.; LANA, R. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S. Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na recuperação de pastagem com *Brachiaria*. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1154-1160, set./out., 2010.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral das plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 251 p., 1980.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. **Pastagens no cerrado: baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2002. 32 p.

MARTHA JÚNIOR, G.B.; CORSI, M. Pastagens no Brasil: situação atual e perspectivas. **Preços Agrícolas**, Piracicaba, n. 171, p. 3-6, 2001.

PATES, N. M. S; PIRES, A. J. V.; SILVA, C. C. F.; SANTOS, L. C.; CARVALHO, G. G. P.; FREIRE, M. A. L. Características morfogênicas e estruturais do capim-tanzânia submetido a doses de fosforo e nitrogênio. **Rev. Bras. Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1736-1741, 2007.

PASCHOALOTO, J. R.; HEINRICHS, R.; SANTOS, E.T.; TREVIZAN M.; CRISTOVAM, R. R. B. Produção de *Brachiaria Brizantha* cv. marandu em condições de subtração nutricional. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS DA UNESP, 4. ; ENCONTRO DE ZOOTECNIA, 5., 2008. **Anais...** Dracena: Unesp, 2008.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORREA, L. A.; SILVA, A. G.; CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência Agrotecnologia**, v. 30, n. 3, p. 562-568, 2006.

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e manejo**. Piracicaba: Internacional Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 2001. 285 p.

RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C.
Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed.
Campinas: Instituto Agrônômico; Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim técnico
100).

SANTOS, H. G.; JOCOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.;
LUMBREARAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.
OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Rio de
Janeiro: Embrapa, 2018. 531 p.

SANTOS, I. P. A.; PINTO, J. C.; SIQUEIRA, J. O.; MORAIS, A. R.; SANTOS, C. L.
Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de Brachiaria
brizantha e Arachis pintoi consorciados. **Rev. Bras. Zootecnia**, v. 31, p. 605-616,
2002.

SOARES, I.; LIMA, S. C.; CRISÓSTOMO, L. A. Crescimento e composição
mineral de mudas de gravioleira em resposta a doses de fósforo. **Rev. Ciênc.
Agrônômica**, v. 38, p. 343-349, 2007.

SOUSA, D. M. G.; VILELA, L.; LOBATO, E.; SOARES, W. V. **Uso de gesso,
calcário e adubos para o cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 22 p.
(Embrapa Cerrados, Circular Técnica, 12).

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G.; MACEDO, M. C. M. **Calagem e
adubação para pastagens na região do cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados,
2000. 15 p. (Embrapa Cerrados, Circular Técnica, 37).

VITOR, C. M. T.; FONSECA, D. M.; CÓSER, A. C.; MARTINS, C. E.;
NASCIMENTO JÚNIOR., D.; RIBEIRO JÚNIOR., J. I. Produção de matéria seca e
valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação
nitrogenada. **Rev. Bras. Zootecnia**, v. 38, p. 435-442, 2009.