

**FELIPE ADOLFO LITTER**

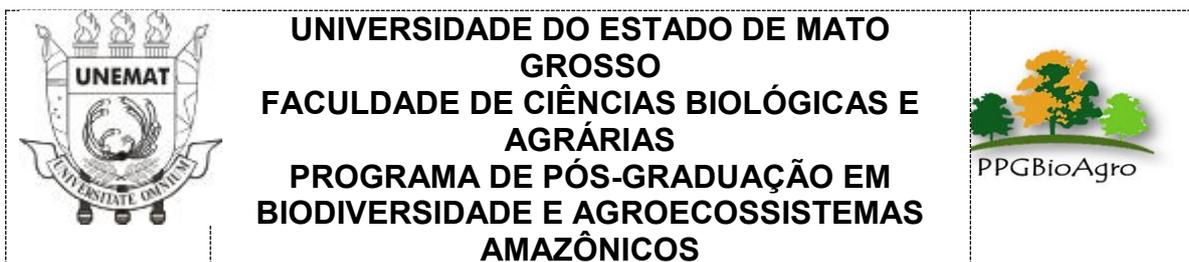
**INTERAÇÃO BORO-POTÁSSIO EM PASTAGEM  
ESTABELECIDADA NO BIOMA AMAZÔNICO**

**Dissertação de Mestrado**

**ALTA FLORESTA - MT**

**2020**

	FELIPE ADOLFO LITTER	Diss. MESTRADO	PPGBioAgro 2020



**FELIPE ADOLFO LITTER**

**INTERAÇÃO BORO-POTÁSSIO EM PASTAGEM  
ESTABELECIDADA NO BIOMA AMAZÔNICO**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Caione

**ALTA FLORESTA - MT**

**2020**

Luiz Kenji Umeno Alencar CRB 1/2037

LITTER, Felipe Adolfo.  
L777i Interação Boro-Potássio em Pastagem Estabelecida no Bioma Amazônico / Felipe Adolfo Litter – Alta Floresta, 2020. 56 f.; 30 cm. (ilustrações) Il. color. (não)

Trabalho de Conclusão de Curso  
(Dissertação/Mestrado) – Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Acadêmico) Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Câmpus de Alta Floresta, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2020.  
Orientador: Gustavo Caione

1. Adubação de Pastagem. 2. Macronutriente. 3. Micronutriente. 4. Sinergismo. 5. Panicum Maximum Cv. Massai. I. Felipe Adolfo Litter. II. Interação Boro-Potássio em Pastagem Estabelecida no Bioma Amazônico: .

CDU 631.8:633.2(811)

# INTERAÇÃO BORO-POTÁSSIO EM PASTAGEM ESTABELECIDA NO BIOMA AMAZÔNICO

**FELIPE ADOLFO LITTER**

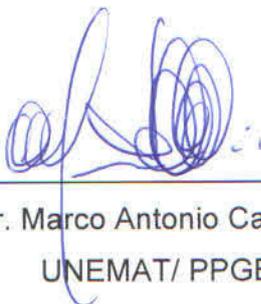
Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Aprovada em: 28/02/2020



---

Prof. Dr. Gustavo Caione  
Orientador – UNEMAT/ PPGBioAgro



---

Prof. Dr. Marco Antonio Camillo de Carvalho  
UNEMAT/ PPGBioAgro



---

Prof. Dr. Anderson Lange  
UFMT - Sinop

## DEDICATÓRIA

*“Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia, aos meus familiares e amigos.*”

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades desta jornada.

Aos meus pais, Benvinda Muniz da Silva e Moacir Gilberto Litter, pelo amor, incentivo e apoio em todos os momentos de dificuldades.

À minha irmã, Fernanda da Silva Litter, por todos esses anos de convívio, apesar das brigas, tivemos muitos momentos de felicidades.

Agradeço especialmente a minha companheira, Márcia de Almeida Carneiro por todo o amor, felicidade, carinho, compreensão, apoio, incentivo e dedicação. Por estar sempre ao meu lado nesta jornada, tanto em momentos de alegria, quanto em momentos de tristeza.

Aos meus sogros, Marli Martins de Almeida e Valdenir Carneiro, e cunhados Franciel e Bruno.

Aos meus amigos Juliano Burgrever, Willian Kume, Guilherme Volpe, Rômulo Ribeiro, Luana Marques, Poliana Severo, Rafaela Miranda e Lara Oliveira que estiveram presentes durante todos esses anos, pela amizade e companheirismo, além do auxílio no desenvolvimento do presente trabalho.

Ao professor Dr. Gustavo Caione pelo incentivo e paciência na orientação, que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

À todos os professores que participaram da minha formação acadêmica.

À equipe do Laboratório de análises de solo, adubo e foliar (LASAF) pelo auxílio durante a condução da pesquisa, em especial ao químico Guilherme Ferbonink.

À Universidade do Estado de Mato Grosso e ao Programa de Pós Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos pela oportunidade de realizar o curso.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	4
LISTA DE FIGURAS .....	5
RESUMO.....	7
ABSTRACT .....	8
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 Pastagens cultivadas .....	11
2.2 Dinâmica do boro no solo e metabolismo vegetal.....	12
2.3 Dinâmica do potássio no solo e metabolismo vegetal.....	14
2.4 Interação boro-potássio.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	20
5. CONCLUSÕES.....	45
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades químicas e físicas da área experimental cultivada com <i>Panicum maximum</i> cv. Massai.....	18
Tabela 2 - Teor de potássio na massa seca em sete cortes avaliativos do <i>Panicum maximum</i> cv. Massai em função de doses de K <sub>2</sub> O e B. Alta Floresta - MT, 2020.....	20
Tabela 3 - Teor de boro na massa seca do <i>Panicum maximum</i> cv. Massai em sete cortes avaliativos em função de doses de K <sub>2</sub> O e B. Alta Floresta - MT, 2019.....	24
Tabela 4 - Produção de massa seca de <i>Panicum maximum</i> cv. Massai em função de doses de K <sub>2</sub> O e B. Alta Floresta - MT, 2020.....	29
Tabela 5 – Acúmulo de potássio em sete cortes avaliativos e total do <i>Panicum maximum</i> cv. Massai em função de doses de K <sub>2</sub> O e B. Alta Floresta - MT, 2019.....	34
Tabela 6 - Acúmulo de boro em sete cortes avaliativos e total do <i>Panicum maximum</i> cv. Massai em função de doses de K <sub>2</sub> O e B. Alta Floresta - MT, 2019.....	38

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Precipitação pluviométrica total segundo o BDMEP - INMET no período de novembro de 2018 à novembro de 2019.....	17
Figura 2- Teor de K na massa seca de <i>Panicum maximum</i> cv. Massai no primeiro corte em função das doses de B. Alta Floresta – MT, 2019.....	21
Figura 3 - Teor de K na massa seca de <i>Panicum maximum</i> cv. Massai no primeiro (A) e quarto corte (B) em função das doses de K <sub>2</sub> O. Alta Floresta – MT, 2019. ....	21
Figura 4 - Teor de K na massa seca de <i>Panicum maximum</i> cv. Massai no segundo (A), terceiro (B), quinto (C), sexto (D) e sétimo corte (E) em função das doses de K <sub>2</sub> O dentro de cada dose de boro. Alta Floresta – MT, 2019. ....	23
Figura 5 - Teor de boro na massa seca do <i>Panicum maximum</i> cv. Massai no primeiro (A), terceiro (B), quarto (C), sexto (D) e sétimo corte (E) em função das doses de boro dentro de cada dose de K <sub>2</sub> O. Alta Floresta – MT, 2019. ....	25
Figura 6 - Teor de boro na massa seca do <i>Panicum maximum</i> cv. Massai no primeiro (A), segundo (B), terceiro (C), quarto (D); quinto (E) e sexto corte (F) em função das doses de K <sub>2</sub> O dentro de cada dose de boro. Alta Floresta – MT, 2019. ....	27
Figura 7 - Produção de massa seca do <i>Panicum maximum</i> cv. Massai no primeiro (A), segundo (B), terceiro (C) e quarto (D), sexto corte (E) e produção acumulada (F) em função das doses de boro dentro de cada dose de K <sub>2</sub> O. Alta Floresta – MT, 2019. ....	30
Figura 8 - Produção de massa seca do <i>Panicum maximum</i> cv. Massai no primeiro (A), segundo (B), terceiro (C) e quarto (D), sexto corte (E) e produção acumulada (F) em função das doses de K <sub>2</sub> O dentro de cada dose de boro. Alta Floresta – MT, 2019. ....	32
Figura 9 - Produção de massa seca de <i>Panicum maximum</i> cv. Massai no quinto (A) e sétimo corte (B) em função das doses de K <sub>2</sub> O. Alta Floresta – MT, 2019. ....	33
Figura 10 - Produção de massa seca de <i>Panicum maximum</i> cv. Massai no sétimo corte em função das doses de B. Alta Floresta – MT, 2019.....	33
Figura 11 – Acúmulo de K do <i>Panicum maximum</i> cv. Massai no primeiro (A), quarto corte (B) em função das doses de boro dentro de cada dose de K <sub>2</sub> O. Alta Floresta – MT, 2019. ....	35
Figura 12 - Acúmulo de K do <i>Panicum maximum</i> cv. Massai no primeiro (A), terceiro (B), quarto (C), sexto (D), sétimo corte (E) e Total (F) em função das doses de K <sub>2</sub> O dentro de cada dose de boro. Alta Floresta – MT, 2019. ....	37
Figura 13 - Acúmulo de K do <i>Panicum maximum</i> cv. Massai no segundo (A) e quinto corte (B) em função das doses de K <sub>2</sub> O. Alta Floresta – MT, 2019. ....	38

Figura 14 - Acúmulo de B de *Panicum maximum* cv. Massai no segundo corte em função das doses de K<sub>2</sub>O. Alta Floresta – MT, 2019..... 39

Figura 15 - Acúmulo de B do *Panicum maximum* cv. Massai no primeiro (A), terceiro (B), quarto (C), quinto (D), sexto (E), sétimo corte (F) e Total (G) em função das doses de boro dentro de cada dose de K<sub>2</sub>O. Alta Floresta – MT, 2019. .... 41

Figura 16 - Acúmulo de B do *Panicum maximum* cv. Massai no primeiro (A), terceiro (B), quarto (C), quinto (D), sexto (E), sétimo corte (F) e Total (G) em função das doses de K<sub>2</sub>O dentro de cada dose de boro. Alta Floresta – MT, 2019. .... 43

## RESUMO

LITTER, Felipe Adolfo. M.Sc. Universidade do Estado de Mato Grosso, Fevereiro de 2020. **Interação boro-potássio em pastagem estabelecida no bioma Amazônico**. Orientador: Gustavo Caione.

Dentre os nutrientes que limitam a produtividade das gramíneas forrageiras na região Amazônica estão o boro e o potássio, elementos que apresentam baixa disponibilidade em muitos solos da região, além disso, apresentam interação com a capacidade de influenciar sua biodisponibilidade no ecossistema solo-planta, porém ainda não está claro como um afeta a disponibilidade do outro. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito da adubação com doses de potássio e de boro em pastagem estabelecida no Bioma Amazônico. O experimento foi conduzido em campo no município de Alta Floresta - MT, em um LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico com baixa CTC cultivado com *Panicum maximum* cv. Massai já estabelecida. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4X4, sendo doses de boro (0, 500, 1000 e 2000 g ha<sup>-1</sup>) e doses de K<sub>2</sub>O (0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>) com três repetições. Utilizou-se como fontes dos nutrientes o KCl e o ácido bórico. Analisou-se a produtividade da forragem, as concentrações foliares de K e B e o acúmulo dos nutrientes pela forrageira em sete cortes. Os efeitos da aplicação de K<sub>2</sub>O foram potencializados com a aplicação de B, mostrando efeito sinérgico entre os elementos. Esse efeito foi observado para o teor de K, produção de MS, acúmulo de K e B na MS. A aplicação de doses de B aliada a aplicação de K<sub>2</sub>O não influenciou no teor de K na MS. No entanto esta combinação potencializou o teor de B na MS, a produção de MS e o acúmulo de K e B. Os melhores resultados de produção foram alcançadas com a aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O combinadas a doses entre 1000 e 1500 g ha<sup>-1</sup> de B. Sugere-se o parcelamento das doses para que a adubação tenha maior efeito residual e para que ocorra menores perdas dos nutrientes.

Palavras-chave: Adubação de pastagem, macronutriente, micronutriente, sinergismo, *Panicum maximum* cv. Massai.

## ABSTRACT

LITTER, Felipe Adolfo. M.S. Universidade do Estado de Mato Grosso, February 2020. **Boron-potassium interaction in pasture established in the Amazon biome**. Adviser: Gustavo Caione.

Among the nutrients that limit the productivity of forage grasses in the Amazon region are boron and potassium, elements that have low availability in many soils in the region, in addition, they interact with the ability to influence their bioavailability in the soil-plant ecosystem, however it is not yet clear how one affects the availability of the other. Given the above, the objective of this study was to evaluate the effect of fertilization with doses of potassium and boron in pasture established in the Amazon Biome. The experiment was conducted in the field in the municipality of Alta Floresta - MT, in a RED YELLOW OXISOL with low CTC cultivated with *Panicum maximum* cv. Massai already established. The experimental design used was in randomized blocks in a 4X4 factorial scheme, with doses of boron (0, 500, 1000 and 2000 g ha<sup>-1</sup>) and doses of K<sub>2</sub>O (0, 50, 100 and 150 kg ha<sup>-1</sup>) with three replications. . KCl and boric acid were used as sources of nutrients. Forage productivity, leaf concentrations of K and B and accumulation of nutrients by forage in seven cuts were analyzed. The effects of K<sub>2</sub>O application were enhanced with the application of B, showing a synergistic effect between the elements. This effect was observed for K content, MS production, K and B accumulation in MS. The application of B doses combined with the application of K<sub>2</sub>O did not influence the K content in MS. However, this combination enhanced the B content in MS, MS production and K and B accumulation. The best production results were achieved with the application of 150 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O combined at doses between 1000 and 1500 g ha<sup>-1</sup> of B. It is suggested to split the doses so that fertilization has a greater residual effect and so that less losses of nutrients occur.

Key-words: Pasture fertilization, macronutrient, micronutrient, synergism, *Panicum maximum* cv. Massai.

## 1. INTRODUÇÃO

As pastagens desempenham papel fundamental na pecuária brasileira, garantindo baixos custos de produção. Por ser a forma menos onerosa e mais eficiente para ocupar e assegurar a posse de grandes extensões de terra, a pecuária, em particular a criação de bovinos de corte a pasto, tem sido a atividade historicamente empregada na ocupação de áreas de fronteira agrícola no Brasil (DIAS FILHO, 2014).

As áreas de pastagens representam a classe de uso de solo mais abrangente do Brasil, ocupando uma vasta porção do território, com cerca de 190 milhões de hectares, equivalente a 22% do país (FERREIRA; SOUZA; ARANTES, 2014). Segundo Dias Filho (2014), grande parte destas áreas de pastagens (50% à 70% das áreas) se encontram em algum nível de degradação, e essa condição é causada, principalmente, pela baixa atividade biológica e pela deficiência de macro e micronutrientes nos solos (LILIENFEIN et al., 2003).

Dentre os macronutrientes, o potássio (K) pode limitar a produção de forrageiras de maior exigência nutricional, especialmente em sistemas onde as relações inadequadas dos nutrientes podem prejudicar a nutrição mineral das plantas (FARIA et al., 2015). Sua carência reflete-se numa baixa taxa de crescimento, pois esse nutriente participa direta ou indiretamente de inúmeros processos bioquímicos envolvidos com o metabolismo de carboidratos, como a fotossíntese e a respiração (SIMILI et al., 2010).

Nos solos brasileiros, o boro (B) é um dos micronutrientes mais deficientes em culturas graníferas e forrageiras, sendo que relatos de sintomas visuais das deficiências são comuns (ALMEIDA et al., 2015).

Portanto, ambos são importantes nutrientes vegetais, que têm capacidade de influenciar sua biodisponibilidade no ecossistema solo-planta, podendo causar deficiência ou aumentar a absorção um do outro. Porém não se sabe ao certo as interações entre K e B e falta conhecimento sobre o papel dessa interação no aumento da produção (REHIM et al., 2018).

Neste contexto, há várias áreas de pastagens adubadas anualmente apenas com macronutrientes, deixando de lado o equilíbrio com os micronutrientes, ocasionando muitas vezes baixas respostas em produtividade.

Este fato já foi explicado nos primórdios da nutrição de plantas pela “Lei do Mínimo” (LIEBIG, 1840), mas ainda nos dias atuais cabe fazer esta menção.

O estudo com micronutrientes torna-se ainda mais importante devido a dificuldades em variar as dosagens durante a adubação, devido à estreita faixa entre os níveis de deficiência e de toxidez destes elementos nas plantas (ALMEIDA et al., 2016), além da dificuldade de definir doses certas para diferentes condições ambientais e de manejo.

As regiões de expansão da fronteira agropecuária são pouco estudadas, e faltam recomendações específicas para estas áreas. Portanto, faz-se necessário a realização de pesquisas a fim de mostrar a importância de realizar adubações de manutenção, utilizando não apenas os macronutrientes, mas também os micronutrientes, principalmente pela região norte mato-grossense ser caracterizada pela produção pecuária a pasto com uma visão “extrativista”. Assim estudos nesta vertente possibilitariam a recuperação das áreas degradadas e evitariam aberturas de novas áreas.

Em nossa região vale destacar que em grande parte das áreas os níveis de K no solo se encontram adequados, porém em algumas áreas ocorrem problemas severos de deficiência, decorrentes das manchas de fertilidade presentes em nossos solos ou pelo uso sem a reposição do mesmo, resultando em áreas degradadas, pois a conversão de área de mata nativa para pastagem com pastejo contínuo após 20 anos reduz os teores de K significativamente em 50% ou mais (LANGE et al., 2019). Já o B é um nutriente considerado pobre em todos os solos da região, o que pode estar causando problemas, como a queda no potencial produtivo, sem ao menos ser diagnosticado.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito da adubação com doses de potássio e de boro em pastagem estabelecida no Bioma Amazônico.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Pastagens cultivadas**

A pecuária é uma das atividades agropecuárias mais importantes do Brasil, que apresenta condições singulares no que diz respeito à alimentação, que tem por base as pastagens (PEDREIRA et al., 2014). A predominância das pastagens como fonte de alimentos para ruminantes se deve ao fato de que os sistemas de produção baseados em pastejo têm menor custo e maior competitividade em todo o mundo (OLIVEIRA et al., 2016).

Essa atividade tem sido historicamente empregada na ocupação de áreas de fronteira agrícola no Brasil, por ser a forma menos onerosa e mais eficiente para ocupar e assegurar a posse de grandes extensões de terra. Porém criou-se uma tradição de baixo investimento no uso de tecnologia e de insumos na formação e no manejo de grande parte das pastagens brasileiras, o que contribuiu para a alta incidência de degradação de pastagens no País e a estigmatização da pecuária desenvolvida a pasto, como atividade improdutiva e essencialmente danosa ao meio ambiente (DIAS FILHO, 2014).

A produção forrageira constitui a base da alimentação animal, de forma que a forragem deve atender qualitativamente e quantitativamente a demanda dos animais sob pastejo, sem, contudo, comprometer a viabilidade econômica do empreendimento (SILVA et al., 2017). No entanto, o sistema produtivo vem se mostrando leniente com relação a melhorias na produção de forragem e sua utilização (PEDREIRA et al., 2014).

Em regiões de clima tropical e subtropical, as práticas inadequadas de manejo do pastejo também são apontadas como uma das principais causas de degradação das pastagens. Outras causas importantes no Brasil, são a ausência de adubações periódicas, as falhas no estabelecimento da pastagem e os problemas bióticos, como o ataque de insetos-praga e, mais recentemente, a síndrome da morte do capim-marandu, na região Norte (DIAS FILHO, 2014).

A ausência do uso de fertilizantes e corretivos, as características químicas (restritivas) dos solos tropicais determinam a redução substancial no potencial de produção da planta forrageira (MARTHA JÚNIOR; VILELA, 2002).

Uma das cultivares bastante utilizada pelos produtores é o *Panicum maximum* cv. Massai, um híbrido entre *P. maximum* e *P. infestum* que constitui uma opção importante para a diversificação das pastagens no Bioma Cerrado e Amazônia. As características básicas da cultivar são: plantas cespitosas de baixo porte, com média de 60 cm, com folhas estreitas (em torno de 0,9 cm) e eretas, quebrando nas pontas, média pilosidade e inflorescências do tipo intermediária entre panícula e racemo. São plantas com exigência média a alta em relação à fertilidade dos solos e possuem boa produção de forragem sob pastejo (COSTA et al., 2016) devido sua elevada capacidade de emitir folhas e perfilhos e rápida rebrotação (LOPES et al., 2013), além disso apresenta diferenças morfológicas acentuadas, tais como: tolerância à acidez e a estresses ambientais (MACEDO et al., 2018) como maior compactação e déficit hídrico, porém apresenta valor nutritivo inferior quando comparada aos demais cultivares de *Panicum* (VOLPE et al., 2008).

## **2.2 Dinâmica do boro no solo e participação no metabolismo vegetal**

A deficiência de micronutrientes pode ser acarretada por uma série de fatores, e ocorre de maneira generalizada por todo o mundo, devido ao aumento na demanda de micronutrientes por práticas intensivas de manejo e adaptação de cultivares altamente produtivos, que podem ter maior exigência nutricional. O aumento na produção de culturas em solos marginais com baixos níveis de nutrientes essenciais requer maior uso de fertilizantes concentrados, estes apresentam em sua maioria menor quantidade de micronutrientes; além disso, a diminuição do uso de esterco animal, compostos e resíduos de culturas e; o uso de solos com baixa reserva natural de micronutrientes levam a deficiência. Fatores naturais e antropogênicos também limitam a adequada disponibilidade para a planta e criam desequilíbrios entre os nutrientes. Sendo que esses fatores existem de maneira geral na agricultura brasileira (FAGERIA et al., 2002).

Grande parte dos solos brasileiros é naturalmente deficiente em micronutrientes, principalmente Zn e B. Mesmo as terras férteis são exauridas quando utilizadas para fins agrícolas, principalmente em sistemas de alta produtividade e uso intensivo do solo. Adicionalmente, tem-se como agravantes, o aumento do uso de fertilizantes concentrados que não contém micronutrientes

como impurezas, a redução da disponibilidade de micronutrientes catiônicos decorrente de calagem inadequada e a maior exportação de nutrientes devido ao uso de variedades mais produtivas e ao emprego de técnicas agronômicas que proporcionam produtividades cada vez mais elevadas. Por tudo isso, o risco de problemas associados à carência de micronutrientes é grande quando não se atenta para a sua correta reposição (RESENDE, 2005).

Existem também algumas características dos solos que propiciam maior probabilidade de ocorrer deficiência para cada micronutriente. Para o boro podemos citar: solos arenosos; alta pluviosidade; veranicos e estação seca; baixos teores de matéria orgânica e; pH fora da faixa de 5,0 a 7,0 (LOPES, 1999). O conhecimento da capacidade do solo em adsorver esse micronutriente tem importância tanto para a correção de uma eventual deficiência quanto para a prevenção dos casos de toxicidade, mas a lixiviação deste nutriente também pode ser um importante componente da dinâmica do elemento no solo (ROSOLEM; BÍSCARO, 2007).

Uma ferramenta imprescindível para diminuir os problemas com micronutrientes é a análise de solo, que é capaz de detectar um problema que muitas vezes está oculto para muitos produtores rurais. No entanto, apesar do uso crescente, a análise de solo para micronutrientes possui limitações. Tem-se problemas na avaliação da disponibilidade devido à dificuldade de detecção dos baixos teores presentes nos solos, à dinâmica complexa dos elementos e às frequentes contaminações na amostragem ou mesmo nos procedimentos de análise. A análise das folhas das culturas, em complementação à análise do solo, é de grande utilidade e permite melhorar o monitoramento das reservas de micronutrientes no solo (RESENDE, 2005).

No solo o B pode ser encontrado em cinco formas: minerais primários, como turmalina e micas ricas em B; minerais secundários, principalmente dentro da estrutura das argilas; adsorvido às argilas, na superfície de hidróxidos e na matéria orgânica; em solução como ácido bórico e como borato; bem como na matéria orgânica e biomassa microbiana (SHORROCKS, 1997). O ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) da solução do solo chega até as raízes por fluxo de massa, e sua absorção ocorre de forma passiva em função do gradiente de concentração (SILVA et al., 2017).

Para a maioria das espécies de plantas o B é transportado somente no xilema, sendo praticamente imóvel no floema (SOUZA; CANESIN; BUZETTI, 2012). No floema de várias espécies de plantas, incluindo uma grande gama de culturas agrícolas e olerícolas, como por exemplo macieira, ameixeira, cerejeira (BROWN; HU, 1998), brássicas, cenoura, ervilha, aipo e cebola o boro é móvel, em variados graus. Nessas espécies, nas quais os álcoois de açúcar e os polióis (sorbitol, manitol e dulcitol) são as principais formas de exportação de C das folhas, o B é ligado e transportado na forma de complexos poliol-B (BROWN; SHELPS, 1997).

O boro atua na organização e funcionamento de membranas celulares, através da ativação de ATPase e absorção iônica (POLLARD et al., 1977; TANADA, 1983), ativação da fosforilase do amido (LOPES, 1998), atua no alongamento celular, divisão e metabolismo de ácidos nucléicos (ALBERT, 1965), tem participação no metabolismo de auxinas (AIA), fenóis e lignificação da parede celular (LEWIS, 1980) e, também, é responsável pelo transporte de carboidratos e auxina (TANG; FUENTE, 1986; GAUCH, 1972).

A dosagem adequada de B a ser fornecida às plantas é muito relativa; uma das maiores preocupações nas adubações em função da estreita relação entre o nível adequado e o tóxico do micronutriente (ARAÚJO et al., 2017). Cabe ressaltar que a dose ótima de B para determinada espécie pode promover o retardo do crescimento de outras (REIS et al., 2012; BRIGHENTI; MULLER, 2014).

### **2.3 Dinâmica do potássio no solo e participação no metabolismo vegetal**

De maneira geral, os solos tropicais apresentam baixa concentração de potássio disponível, portanto, é esperada uma maior resposta à aplicação de K nesses solos. Segundo Caires e Castro (2002), os solos da região norte mato-grossense apresentam médios teores de potássio e algumas áreas com teores adequados, no entanto algumas áreas apresentam baixos teores em decorrência de manchas de fertilidade, muito característico em algumas áreas. A importância e a necessidade de aplicação de adubos potássicos no Brasil ocorre em decorrência de este ser o segundo nutriente mais consumido na agricultura brasileira, perdendo apenas para o fósforo (PRADO, 2008).

A decomposição dos minerais primários é responsável pela origem do potássio no solo (SILVEIRA; VITUSSO; MEDINA, 2015). No solo o elemento possui pouca mobilidade, portanto, adubações de cobertura devem ser observadas com cuidado, principalmente quando em solos argilosos (ZUFFO et al., 2019). O elemento no solo inclui K em solução, K trocável, K não trocável e K estrutural, e essas formas estão em equilíbrio, seguindo um gradiente em que diminui a sua disponibilidade (ROSOLEM; VICENTINI; STEINER, 2012).

A disponibilidade de K, assim como a capacidade de suprimento deste nutriente pelo solo, depende da presença de minerais primários e secundários, da aplicação de fertilizantes e da CTC do solo, além da ciclagem do nutriente pelas plantas (WERLE; GARCIA; ROSOLEM, 2008).

A concentração de K na solução é influenciada fundamentalmente pela adsorção eletrostática de K às cargas negativas. A adsorção, por sua vez, depende da natureza das superfícies de troca (tipo de argila, matéria orgânica, óxidos e hidróxidos), que determina o coeficiente de seletividade, e da atividade iônica do K em relação aos demais cátions que se ligam significativamente por complexos de esfera externa à fase sólida (NEVES; ERNANI; SIMONETE, 2009).

Este nutriente é absorvido pelos vegetais principalmente durante o estágio de crescimento vegetativo (SILVEIRA; VITUSSO; MEDINA, 2015), pois apresenta funções importantes, sendo considerado o maior ativador enzimático; regulador da turgidez do tecido; controlador da abertura e do fechamento de estômatos, possibilitando o controle da concentração de CO<sub>2</sub> na câmara sub-estomática, a qual afeta diretamente a atividade fotossintética e a transpiração (RESENDE et al., 2005). Sendo o segundo nutriente mineral requerido em maior quantidade pelas espécies vegetais, e tem alta mobilidade na planta, em qualquer concentração, seja dentro da célula, no tecido vegetal, no xilema ou no floema. Esse nutriente não é metabolizado na planta e forma ligações com moléculas orgânicas de fácil reversibilidade, além de ser o íon mais abundante nas células vegetais (ROSOLEM et al., 2006).

## 2.4 Interação boro-potássio

Não é clara a natureza da complexa relação entre B e K. Sabe-se que a concentração de K no meio de crescimento influencia fortemente o acúmulo de B nos tecidos das plantas (TANAKA, 1967), pois o B pode aumentar a abertura estomática, afetando o efluxo de  $K^+$  das células guarda nas tiras epidérmicas. Sintomas acentuados de deficiência e toxicidade de B pela aplicação de altas doses K podem ser devidos ao efeito de K na permeabilidade celular controlada por B (REHMAN et al., 2018).

O aumento do teor foliar de K pode provocar queda no teor de B, mas ainda não foi identificado qual mecanismo fisiológico na planta é responsável por esse efeito (QUAGGIO et al., 2011).

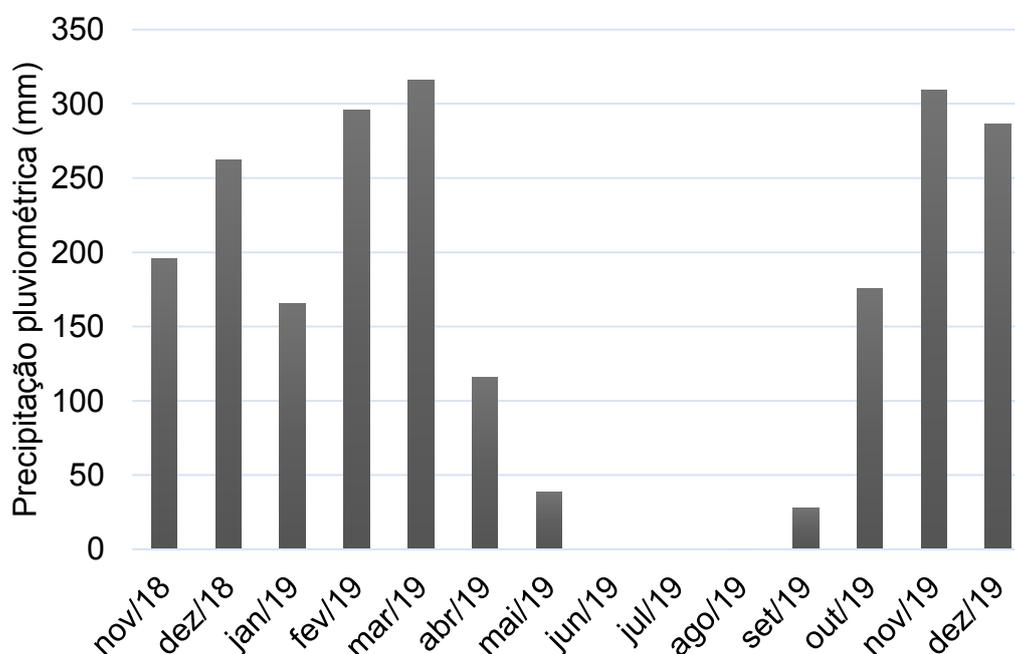
A interação entre as doses de B e K mostra que quanto maior o suprimento de B em solução, maior a absorção de K pelas plantas, principalmente quando a disponibilidade de K foi baixa, o que destacaria o efeito do aumento da hidrólise de ATP e do transporte de  $H^+$  mediados pela  $H^+$ -ATPase (FERREIRA, 2014).

Os nutrientes boro e potássio são sinérgicos, ou seja, têm papéis sobrepostos a desempenhar na fisiologia das plantas. Assim como o potássio, o boro está envolvido em alguns aspectos nos processos de floração e frutificação, germinação de grãos de pólen, divisão celular, metabolismo de nitrogênio, metabolismo e transporte de carboidratos, absorção ativa de sal, movimento e ação hormonal, metabolismo da água e relações hídricas nas plantas. Ambos servem como tampão e são necessários na manutenção dos tecidos condutores e para exercer um efeito regulador sobre outros elemento (MALVI, 2011).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma propriedade rural localizada no município de Alta Floresta, região norte do Estado de Mato Grosso, em solo de baixa CTC classificado como LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico, com pastagem de *Panicum maximum* cv. Massai já estabelecida há três anos e cinco meses. A precipitação total durante os meses de condução da pesquisa pode ser observada na Figura 1.

**Figura 1** - Precipitação pluviométrica total segundo o BDMEP - INMET no período de novembro de 2018 à dezembro de 2019.



Para o estabelecimento do experimento foram coletadas 10 amostras simples de solo na profundidade 0-0,2 m para formar uma amostra composta. As mesmas foram homogêneas, secas ao ar e passadas em peneira com abertura de 2 mm. Foram analisadas as propriedades químicas e granulométricas conforme metodologia da EMBRAPA (SILVA, 2009), e os resultados apresentados na Tabela 1. Com base na análise pode-se classificar os níveis de boro e potássio no solo como baixos (SOUSA; LOBATO, 2004).

**Tabela 1** - Propriedades químicas e físicas da área experimental cultivada com *Panicum maximum* cv. Massai.

pH	P <sub>mehlich</sub>	K	K	Ca	Mg	Al	H+Al	B*	Cu*	Fe*	Mn*	Zn*	
H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>	--mg dm <sup>-3</sup> --	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					----- mg dm <sup>-3</sup> -----					
6,0	5,3	1,3	20	0,05	1,46	0,32	0	2,46	0,2	5,4	231	74,7	4,6
Resultados calculados							Propriedades físicas						
T	SB	V	m	K	Ca	Mg	Areia	Silte	Argila				
-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	-----%-----		-----%-----			-----g kg <sup>-1</sup> -----							
4,3	1,8	42,7	0,0	1,2	34	7,5	657	42	302				

T: Capacidade de troca de cátions a pH 7; SB: soma de bases; V: saturação por bases; m: saturação por Al; % K, Ca, Mg: saturação por elemento. Análise realizada pelo Laboratório de Análise de Solo, Adubo e Foliar (LASAF).

\* Análise realizada pelo Laboratório Solos e Plantas.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4X4, sendo doses de boro (0, 500, 1000 e 2000 g ha<sup>-1</sup>) e doses de K<sub>2</sub>O (0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>) com três repetições. Cada parcela possuía dimensão de 3,0 m x 3,0 m. Utilizou-se como fonte de K o cloreto de potássio (58-60% de K<sub>2</sub>O), e de boro utilizou-se a fonte ácido bórico (17% de B). O experimento foi instalado no dia 20 de novembro de 2018 e para aplicação dos tratamentos as fontes foram dissolvidas em quatro litros de água para uniformizar a aplicação devido a quantidade de adubo ser pequena, e aplicado individualmente em cada parcela com regador.

A adubação com os demais nutrientes foi uniforme seguindo a recomendação de Cantarutti et al. (1999), aplicando a lanço de forma manual em cada parcela a dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> utilizando como fonte o Top-phos<sup>®</sup> (28% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) em conjunto com a aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, a qual foi subdividida em 3 aplicações, sendo a primeira realizada no momento da instalação do experimento utilizando como fonte a ureia (45% de N) e as demais aplicadas a cada corte até completar a dose.

A área experimental foi isolada por cerca elétrica e no dia 16 de dezembro foi realizado um corte de uniformização mantendo-se a palhada sobre a parcela. Quando atingiu-se a altura de pastejo realizou-se os cortes avaliativos (1º corte: 11/01/19; 2º corte: 06/02/19; 3º corte: 04/03/19; 4º corte: 06/04/19; 5º corte: 15/05/19; 6º corte: 25/10/19; 7º corte: 13/12/19) e com auxílio de roçadeira

cortou-se o restante da parcela. O material vegetal roçado foi retirado de forma manual.

Para avaliar a produtividade da forragem sempre que se atingiu a altura de pastejo (aproximadamente 50% das parcelas atingindo 55 cm de altura) foram realizados cortes na forrageira a 20 cm de altura. Para isso, foi lançado, aleatoriamente em cada parcela, um quadrado vazado de 0,5 m x 0,5 m coletando toda forragem do seu interior.

As amostras foram conduzidas ao laboratório (LASAF) para realizar o processo de lavagem sequencial em água de torneira, em solução de detergente neutro à 1 mL L<sup>-1</sup>, em solução de HCl a 3 mL L<sup>-1</sup> e em água deionizada, em seguida acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de circulação forçada de ar a 65° C até obtenção de peso constante e determinação da massa seca de forragem. As amostras foram moídas em moinho do tipo Willey com abertura de 2 mm e submetidas a análise química para determinação das concentrações de K e de B, seguindo a metodologia descrita por Silva (2009). Com base na produtividade da forragem e concentração de K e B, calculou-se o acúmulo dos nutrientes pela forrageira para cada corte.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, pelo teste F. Para os efeitos significativos, aplicou-se o teste de regressão polinomial, escolhendo os modelos significativos e com maior coeficiente de determinação (P<0,05), utilizando o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2014), e as figuras confeccionadas com auxílio do Sigma Plot 12.0.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os teores de K na massa seca de forragem no primeiro corte houve efeito isolado das doses de K e doses de B. No quarto corte houve efeito isolado das doses de K, e para os demais cortes a aplicação de doses de K e de B apresentaram interação significativa (Tabela 2).

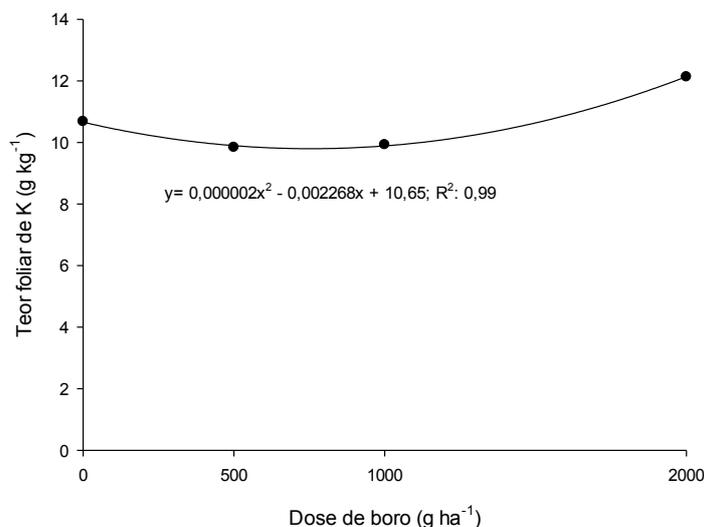
**Tabela 2** - Teor de potássio na massa seca em sete cortes avaliativos do *Panicum maximum* cv. Massai em função de doses de K<sub>2</sub>O e B. Alta Floresta - MT, 2020.

Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )	Teor de K na massa seca						
	1° Corte	2° Corte	3° Corte	4° Corte	5° Corte	6° Corte	7° Corte
	----- g kg <sup>-1</sup> -----						
0	5,03	3,14	3,31	4,06	3,95	2,04	1,48
50	9,41	7,47	7,12	8,22	6,82	5,34	2,54
100	11,91	10,00	8,24	10,49	8,65	6,73	4,45
150	16,23	13,31	11,29	14,41	12,39	8,97	7,00
Doses de B							
(g ha <sup>-1</sup> )							
0	10,68	9,09	7,64	8,79	8,48	6,49	4,14
500	9,84	7,79	7,12	8,41	7,45	5,68	3,90
1000	9,93	8,23	7,53	9,72	7,47	5,23	3,87
2000	12,13	8,80	7,69	10,26	8,41	5,68	3,55
Teste F							
Doses de K	136,45**	141,54**	139,39**	64,30**	83,65**	380,97**	260,86**
Doses de B	6,98**	2,60 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	2,46 <sup>ns</sup>	2,18 <sup>ns</sup>	12,63**	2,60 <sup>ns</sup>
K x B	2,16 <sup>ns</sup>	2,25*	4,13**	1,57 <sup>ns</sup>	3,64**	8,23**	7,40**
CV (%)	13,05	14,72	12,90	20,11	16,85	8,92	13,44

\*\* , \* e NS são, respectivamente, significativo a 1%, 5% e não significativos pelo teste F.

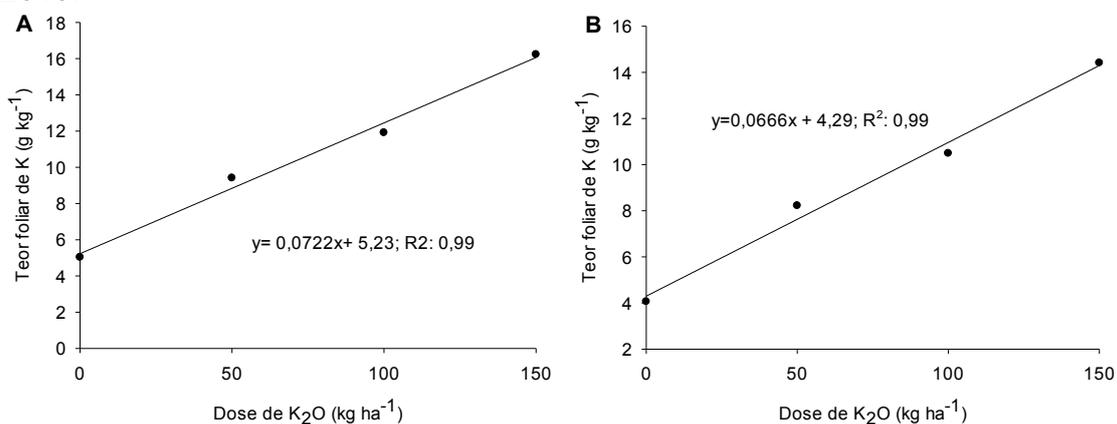
As doses de B proporcionaram efeito quadrático no teor de K na massa seca no primeiro corte, sendo que o ponto mínimo foi de 10,01 g kg<sup>-1</sup> de K na massa seca na dose de 567 g ha<sup>-1</sup> de B (Figura 2). Este efeito pode ser justificado devido a produção de massa seca sem aplicação de B ser baixa e, assim, mantendo um teor mais elevado do nutriente (efeito concentração), enquanto em doses acima de 500 g ha<sup>-1</sup> proporcionaram aumento na produção de MS (Tabela 4) e no teor do nutriente. Este aumento no teor de K está relacionado com a nutrição adequada de B, pois, um nível ideal de B aumenta a permeabilidade ao K na membrana celular, que está envolvido em muitos processos fisiológicos, dentre eles da absorção ativa de sais, assim como o K, atua como tampão e ambos são necessários na manutenção de tecidos condutores e para exercer um efeito regulador sobre outros elementos (MALVI, 2011).

**Figura 2-** Teor de K na massa seca de *Panicum maximum* cv. Massai no primeiro corte em função das doses de B. Alta Floresta – MT, 2019.



No primeiro e quarto corte houve aumento linear no teor de K no material vegetal seco em função das doses de K<sub>2</sub>O, e os maiores teores alcançados foram 16,06 e 14,29 g kg<sup>-1</sup>, na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 3), no entanto não foi atingida a máxima resposta.

**Figura 3 -** Teor de K na massa seca de *Panicum maximum* cv. Massai no primeiro (A) e quarto corte (B) em função das doses de K<sub>2</sub>O. Alta Floresta – MT, 2019.

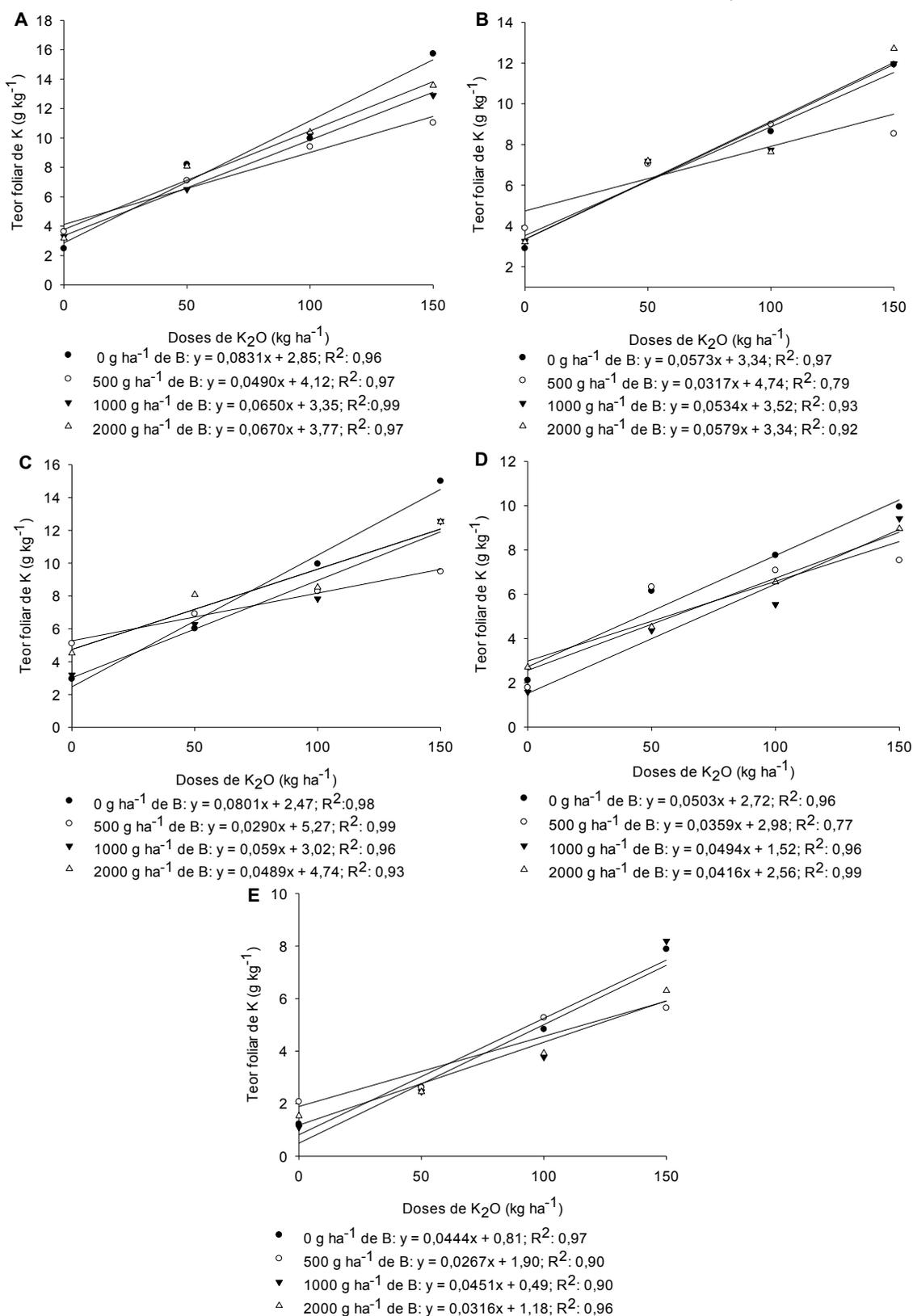


Ao estudar a interação entre B e K no teor foliar de K no segundo, terceiro, quinto, sexto e sétimo corte, o desdobramento da interação para o estudo de boro dentro de cada dose de potássio, não houve efeito significativo das doses de B, mesmo que aliadas a doses de K<sub>2</sub>O, no teor de K na massa seca, por esse motivo não são apresentadas as figuras para esse desdobramento.

No desdobramento da interação para o estudo de doses de K<sub>2</sub>O dentro

de cada dose de boro, os maiores teores de K na massa seca no segundo, quinto e sexto corte foram encontrados na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O associada a ausência de aplicação de boro. Isso pode ter ocorrido devido ao efeito concentração, ou seja, houve menor taxa de crescimento da planta e o nutriente continuou a ser absorvido, ocorrendo a concentração do mesmo (MAIA et al., 2005) (Figura 4 – A, C e D). No terceiro corte o maior teor foi alcançado na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 2000 g ha<sup>-1</sup> de B (Figura 4 – B). No sétimo corte o maior teor foi alcançado na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 1000 g ha<sup>-1</sup> de B (Figura 4 – E).

**Figura 4** - Teor de K na massa seca de *Panicum maximum* cv. Massai no segundo (A), terceiro (B), quinto (C), sexto (D) e sétimo corte (E) em função das doses de K<sub>2</sub>O dentro de cada dose de boro. Alta Floresta – MT, 2019.



Segundo Ferreira (2014), a adubação com B via solo promove maior absorção de K, pois o B exerce efeito positivo sobre a modulação da atividade de hidrólise de ATP, aumentando-a de 61 à 100% e, conseqüentemente, afetando o bombeamento de prótons através da membrana plasmática realizada pela H<sup>+</sup>-ATPase que levaria a hiperpolarização de membrana e fornecendo a força motriz para o sistema secundário de transporte de K e conseqüente maior absorção do nutriente pelas raízes das plantas.

Os teores de K na massa seca aumentaram consideravelmente com a aplicação de K<sub>2</sub>O e B, porém não atingiram o nível considerado ideal que seria de 15-30 g kg<sup>-1</sup> para forrageiras do gênero *Panicum* (SOUSA; LOBATO, 2004). A cultivar massai é considerada menos exigente que as demais cultivares do gênero o que pode explicar o desempenho produtivo obtido (Figura 7 e 8) mesmo sem atingir os teores de K foliar considerados ideais (Figura 2, 3 e 4).

Para o teor de B na massa seca da forragem a aplicação de doses de K e de B ocorreu interação para todos os cortes (Tabela 3).

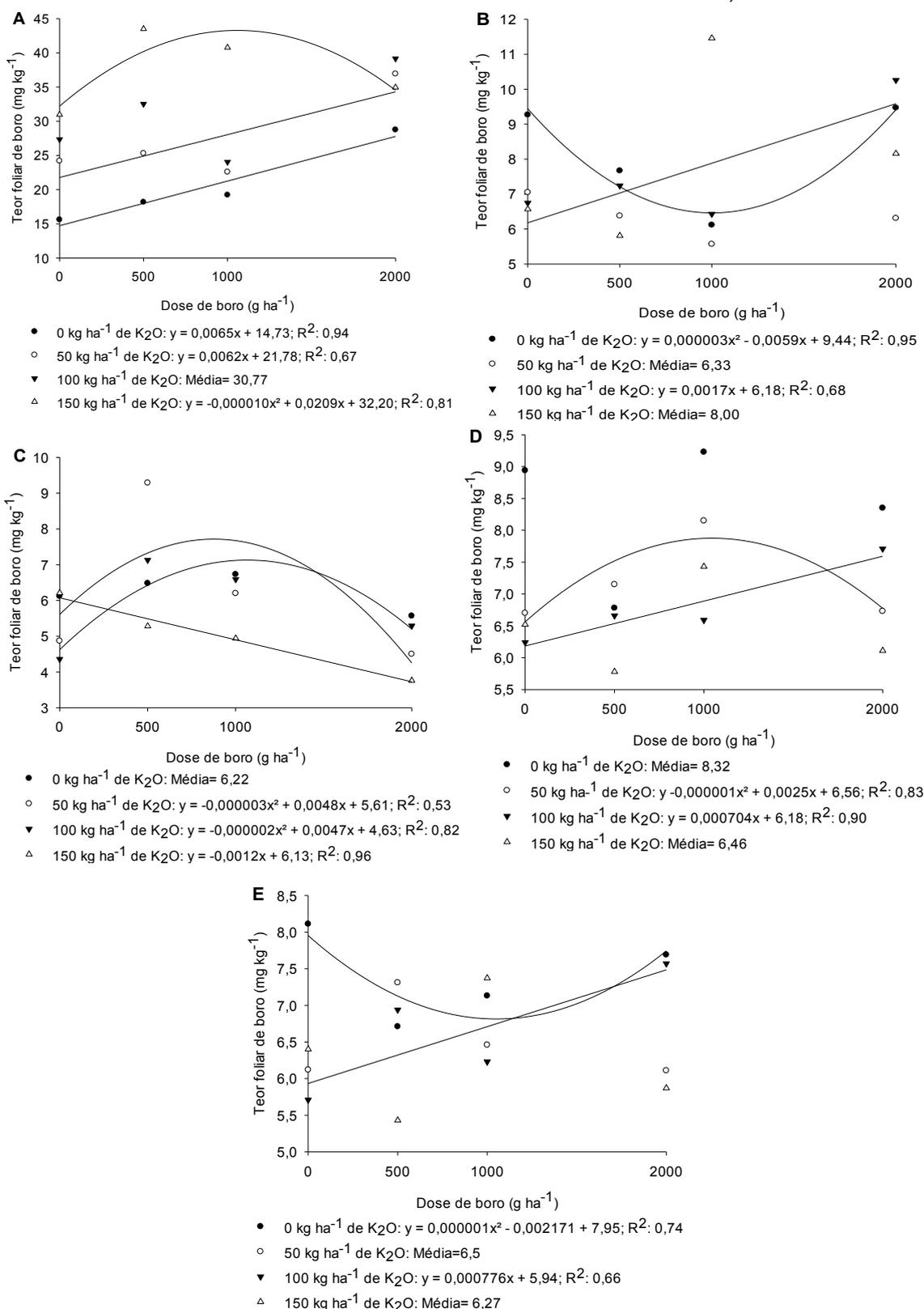
**Tabela 3** - Teor de boro na massa seca do *Panicum maximum* cv. Massai em sete cortes avaliativos em função de doses de K<sub>2</sub>O e B. Alta Floresta - MT, 2019.

Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )	Teor de boro na massa seca						
	1° Corte	2° Corte	3° Corte	4° Corte	5° Corte	6° Corte	7° Corte
	-----mg kg <sup>-1</sup> -----						
0	20,44	7,88	8,13	6,22	11,06	8,32	7,41
50	27,26	6,95	6,33	6,21	9,24	7,18	6,50
100	30,78	6,33	7,67	5,84	7,33	6,80	6,62
150	37,52	5,70	8,00	5,09	7,03	6,46	6,27
Doses de B							
	(g ha <sup>-1</sup> )						
0	24,54	6,95	7,41	5,39	8,64	7,09	6,58
500	29,88	5,98	6,78	7,04	6,56	6,59	6,60
1000	26,66	6,82	7,40	6,17	11,00	7,85	6,80
2000	34,93	7,11	8,55	4,77	8,46	7,22	6,81
Teste F							
Doses de K	11,83**	12,33**	7,98**	9,15**	35,94**	30,09**	10,59**
Doses de B	29,34**	3,67*	6,40**	31,35**	33,85**	12,22**	0,64 <sup>ns</sup>
K x B	3,36**	2,21*	9,72**	10,06**	7,09**	5,66**	7,14**
CV (%)	15,70	13,59	13,47	10,44	12,49	7,13	7,90

\*\* e \* significativo a 1%, 5% pelo teste F.

No desdobramento da interação para o estudo de doses de B dentro de cada dose de K<sub>2</sub>O não houve ajuste ao modelo matemático no teor de B no segundo e quinto corte. No primeiro corte o maior teor alcançado foi com a utilização de 1048 g ha<sup>-1</sup> de B e 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 5 – A).

**Figura 5** - Teor de boro na massa seca do *Panicum maximum* cv. Massai no primeiro (A), terceiro (B), quarto (C), sexto (D) e sétimo corte (E) em função das doses de boro dentro de cada dose de K<sub>2</sub>O. Alta Floresta – MT, 2019.



No terceiro corte (Figura 5 – B) as doses de B, na presença de 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, proporcionaram aumento linear nos teores de B. Este comportamento pode ser explicado, pois, a produção de MS do terceiro corte diminuiu linearmente (Figura 7 – C), ocorrendo o efeito concentração; na ausência de K ocorreu efeito quadrático e na presença das demais doses de K não houve efeito (Figura 5 – B) comportamento semelhante ao observado na produção (Figura 7 – C). No quarto corte (Figura 5 – C) houve efeito quadrático na presença de 50 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O com máxima nas doses de 800 e 1175 g ha<sup>-1</sup> de B, respectivamente, redução linear na presença de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, e não houve efeito significativo na ausência da aplicação de K.

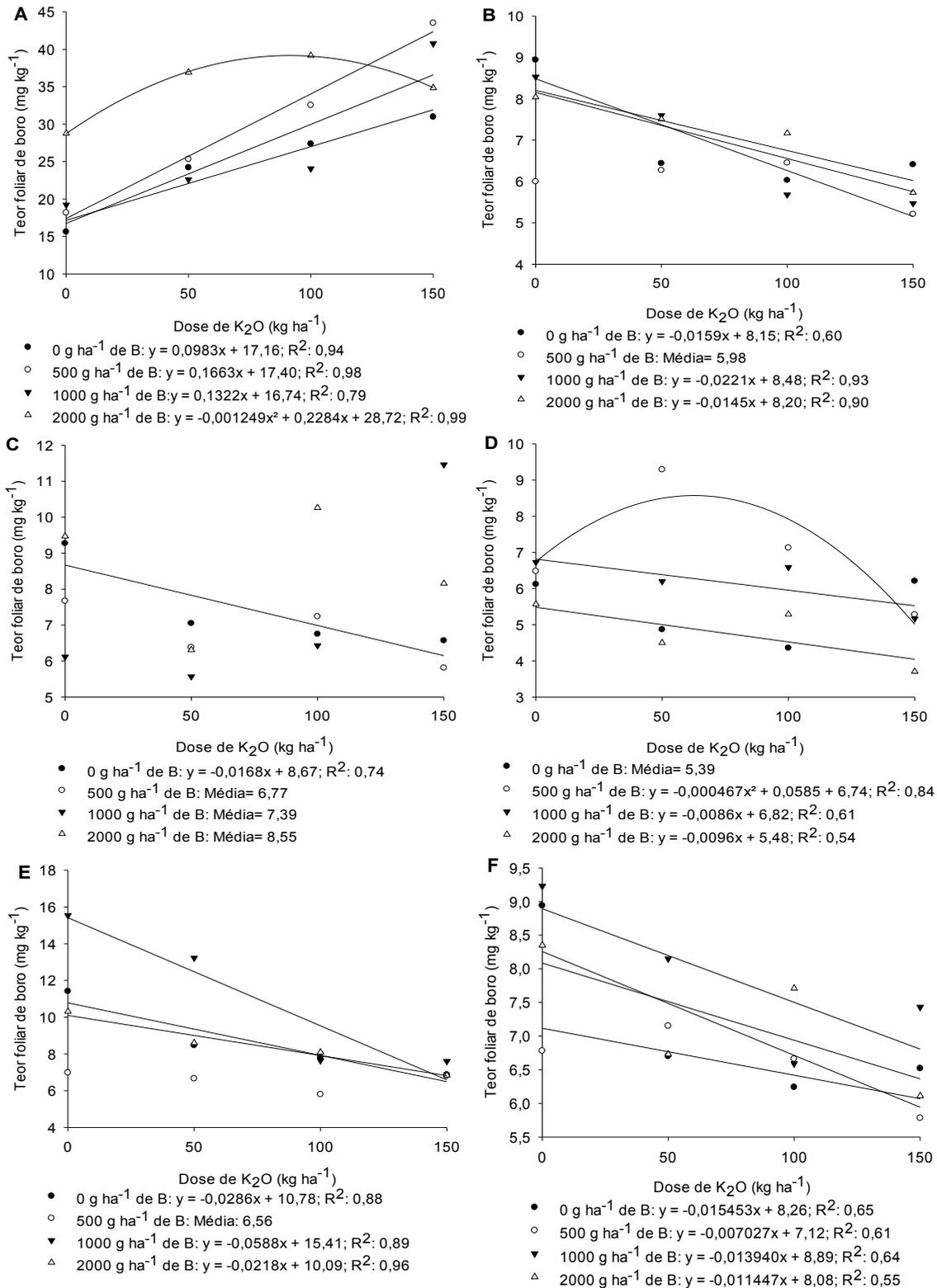
No sexto e sétimo corte a aplicação de doses de B aliadas a 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O proporcionaram aumento linear nos teores foliares de B, atingindo teores de 7,59 e 7,48 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. A aplicação de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e de 1250 g ha<sup>-1</sup> de B proporcionaram teor máximo de 8,12 no sexto corte. No sétimo corte a ausência de aplicação de K<sub>2</sub>O e a aplicação de 1085,5 g ha<sup>-1</sup> de B proporcionou teor mínimo de 6,74 mg kg<sup>-1</sup> de B.

No desdobramento da interação para o estudo de K<sub>2</sub>O dentro de cada dose de B, no primeiro corte a aplicação de doses de K<sub>2</sub>O proporcionaram um aumento linear no teor de B na massa seca mesmo que na ausência da aplicação de B, também houve esse efeito nas doses 500 e 1000 g ha<sup>-1</sup> de B, sendo que a dose de 500 g ha<sup>-1</sup> de B aliada a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O resultaram em maiores teores, e na presença de 2000 g ha<sup>-1</sup> de B o maior teor de B foi encontrado na dose de 91,43 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 6 - A). Mesmo com a ausência de aplicação de B, a aplicação de K<sub>2</sub>O proporcionou maior teor de B, isso pode ter ocorrido devido ao maior desenvolvimento e produtividade da forrageira resultando em maior produção de parede celular, necessitando assim de maior quantidade de B, pois segundo Loomis e Durst (1992) até 90% do elemento pode ser encontrado na parede celular.

No segundo e quinto corte houve redução linear na ausência da aplicação de B, e nas doses 1000 e 2000 g ha<sup>-1</sup> de B (Figura 6 – B e E). No terceiro corte houve redução linear apenas na ausência da aplicação de B (Figura 6 – C). No quarto corte houve efeito quadrático com a aplicação da dose de 500 g ha<sup>-1</sup> de B e redução linear para as doses 1000 e 2000 g ha<sup>-1</sup> de B (Figura 6 – D). No

sexto corte houve redução linear na ausência de aplicação de B, e com a aplicação de 500, 1000 e 2000 g ha<sup>-1</sup> de B (Figura 6 – F).

**Figura 6** - Teor de boro na massa seca do *Panicum maximum* cv. Massai no primeiro (A), segundo (B), terceiro (C), quarto (D); quinto (E) e sexto corte (F) em função das doses de K<sub>2</sub>O dentro de cada dose de boro. Alta Floresta – MT, 2019.



Como pode ser observado na Figura 6 a partir do segundo corte houve redução do teor de B com o aumento das doses de  $K_2O$  o que pode indicar que em níveis baixos de B, um aumento na fertilização com K pode acentuar os sintomas de deficiência de B (REHMAN et al., 2018). Quaggio et al. (2011) observaram que com o aumento do teor de K foliar provocou queda no teor de B, mas relatou que ainda não foi identificado qual mecanismo fisiológico na planta é responsável por esse efeito. No presente estudo a aplicação de  $K_2O$  resultou em diminuição do teor de boro, no entanto, essa variação sugere que houve efeito diluição, pois houve aumento linear na produção de MS (Figura 8), além disso a fonte do nutriente apresenta alta solubilidade o que pode resultar em baixo efeito residual.

Os teores de boro na massa seca entraram na faixa considerada adequada, de 10 à 30 mg  $kg^{-1}$  (SOUSA; LOBATO, 2004), apenas no primeiro corte, nos demais cortes os teores ficaram baixos, isso pode ter ocorrido devido ao baixo efeito residual da aplicação e pelo efeito diluição. Outro fator que pode ter afetado a absorção do B e, conseqüentemente, o teor foliar foi a diminuição da precipitação que ocorreu a partir do quarto corte (Figura 1), pois a diminuição na quantidade de água no solo afeta diretamente os elementos que são absorvidos por fluxo de massa, como o B (KIRKBY; RÖMHELD, 2007).

Para a produção de biomassa seca de forragem houve efeito isolado da aplicação de doses de K no quinto e sétimo corte e de doses de B no sétimo corte, para os demais cortes a aplicação de doses de K e de B apresentaram interação (Tabela 4).

**Tabela 4** - Produção de massa seca de *Panicum maximum* cv. Massai em função de doses de K<sub>2</sub>O e B. Alta Floresta - MT, 2020.

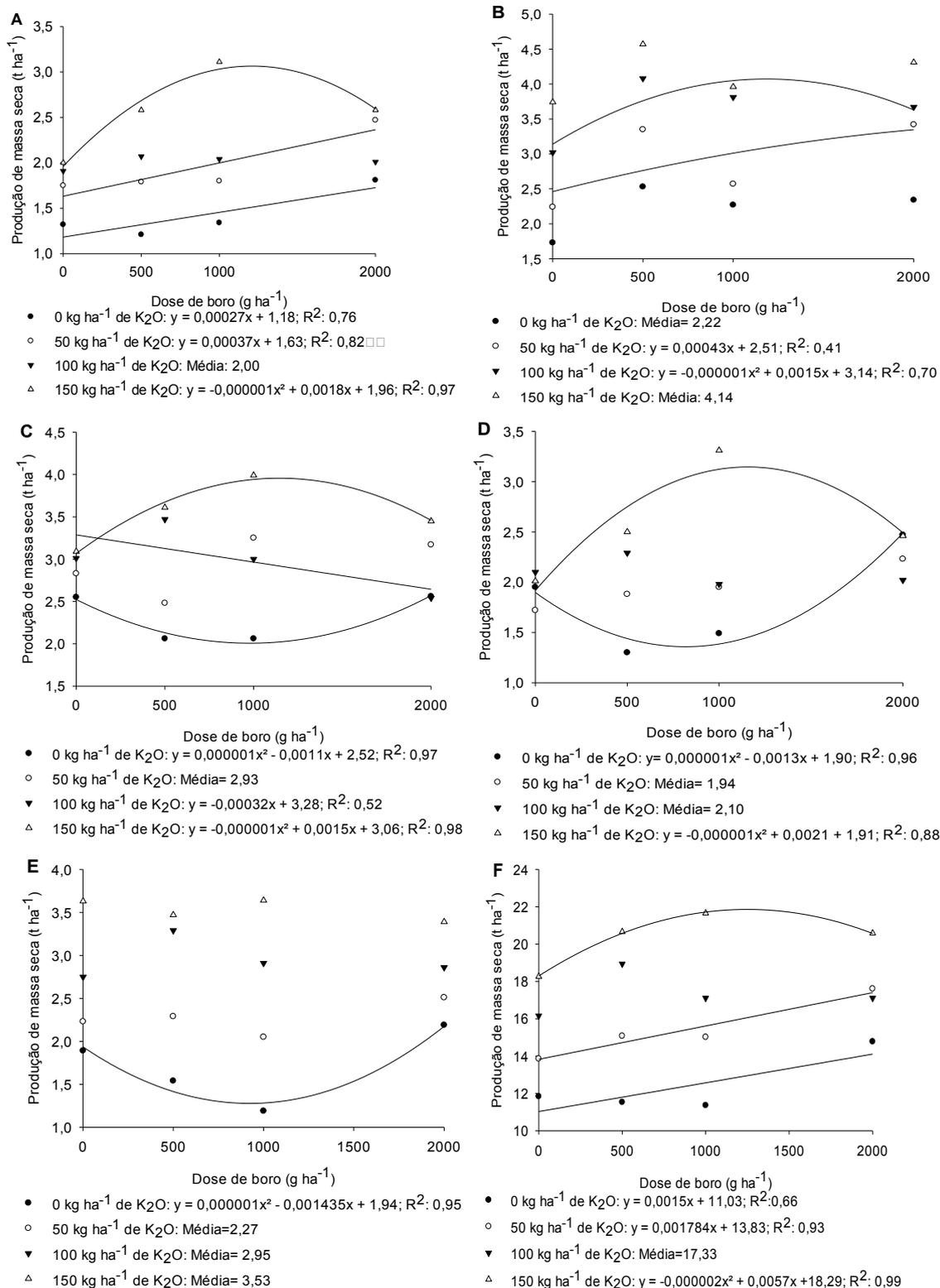
Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )	Produção de massa seca							Acumulada
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	
	-----t ha <sup>-1</sup> -----							
0	1,42	2,22	2,31	1,81	1,46	1,70	1,46	12,38
50	1,95	2,90	2,93	1,95	1,72	2,27	1,68	15,39
100	2,01	3,65	3,00	2,10	1,71	2,95	1,91	17,33
150	2,57	4,14	3,54	2,57	1,73	3,53	2,20	20,28
Doses de B (g ha <sup>-1</sup> )								
0	1,75	2,68	2,87	1,95	1,54	2,63	1,62	15,03
500	1,90	3,63	2,91	1,99	1,70	2,65	1,76	16,55
1000	2,02	3,15	3,08	2,19	1,60	2,45	1,75	16,29
2000	2,22	3,44	2,93	2,29	1,78	2,75	2,12	17,52
Teste F								
Doses de K	48,06**	242,17**	22,72**	6,00**	3,44*	119,97**	45,64**	199,70**
Doses de B	9,02**	57,68**	0,73 <sup>ns</sup>	1,45 <sup>ns</sup>	2,43 <sup>ns</sup>	2,82 <sup>ns</sup>	21,02**	18,99**
K x B	4,25**	3,24**	3,40**	2,37*	0,78 <sup>ns</sup>	3,72**	0,81 <sup>ns</sup>	6,46**
CV (%)	11,80	5,83	12,41	22,39	14,40	9,63	9,05	4,99

\*\* , \* e NS são, respectivamente, significativo a 1%, 5% e não significativos pelo teste F.

No desdobramento da interação para o estudo de doses de B dentro de cada dose de potássio, nota-se que no primeiro corte houve aumento linear na produção de massa seca da parte aérea com a aplicação de doses de B na ausência de adubação potássica e com a aplicação de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Com a aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O as doses de B não proporcionaram efeito e na presença de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O houve efeito quadrático atingindo o ponto de máxima (2,78 t) com 906 g ha<sup>-1</sup> de B (Figura 7 – A). Este efeito da produção de MS no primeiro corte influenciou diretamente o comportamento dos teores de B, onde os comportamentos foram semelhantes (Figura 5– A).

Para o segundo corte, não houve efeito das doses de B na ausência de adubação potássica e com a aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 7 - B). Na presença de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O as doses de B proporcionaram aumento linear e com 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O a dose de 781,5 g ha<sup>-1</sup> de B resultou em máxima produção de massa seca (3,75 t ha<sup>-1</sup>) (Figura 7– B).

**Figura 7** - Produção de massa seca do *Panicum maximum* cv. Massai no primeiro (A), segundo (B), terceiro (C) e quarto (D), sexto corte (E) e produção acumulada (F) em função das doses de boro dentro de cada dose de K<sub>2</sub>O. Alta Floresta – MT, 2019.



Ao observarmos a produção de massa seca no primeiro corte e acumulada (Figura 7 – A e F) é possível destacar a importância da aplicação de B, pois quando analisamos a aplicação das doses deste micronutriente na ausência da aplicação de  $K_2O$ , observa-se que a aplicação de  $2000\text{ g ha}^{-1}$  de B obteve uma produção de  $1,72\text{ t ha}^{-1}$  no primeiro corte (Figura 7 – A) e de  $14,03\text{ t ha}^{-1}$  na produção acumulada (Figura 7 – F), o que representa aumento de 46% e 27%, respectivamente, em relação a dose  $0\text{ g ha}^{-1}$  de B.

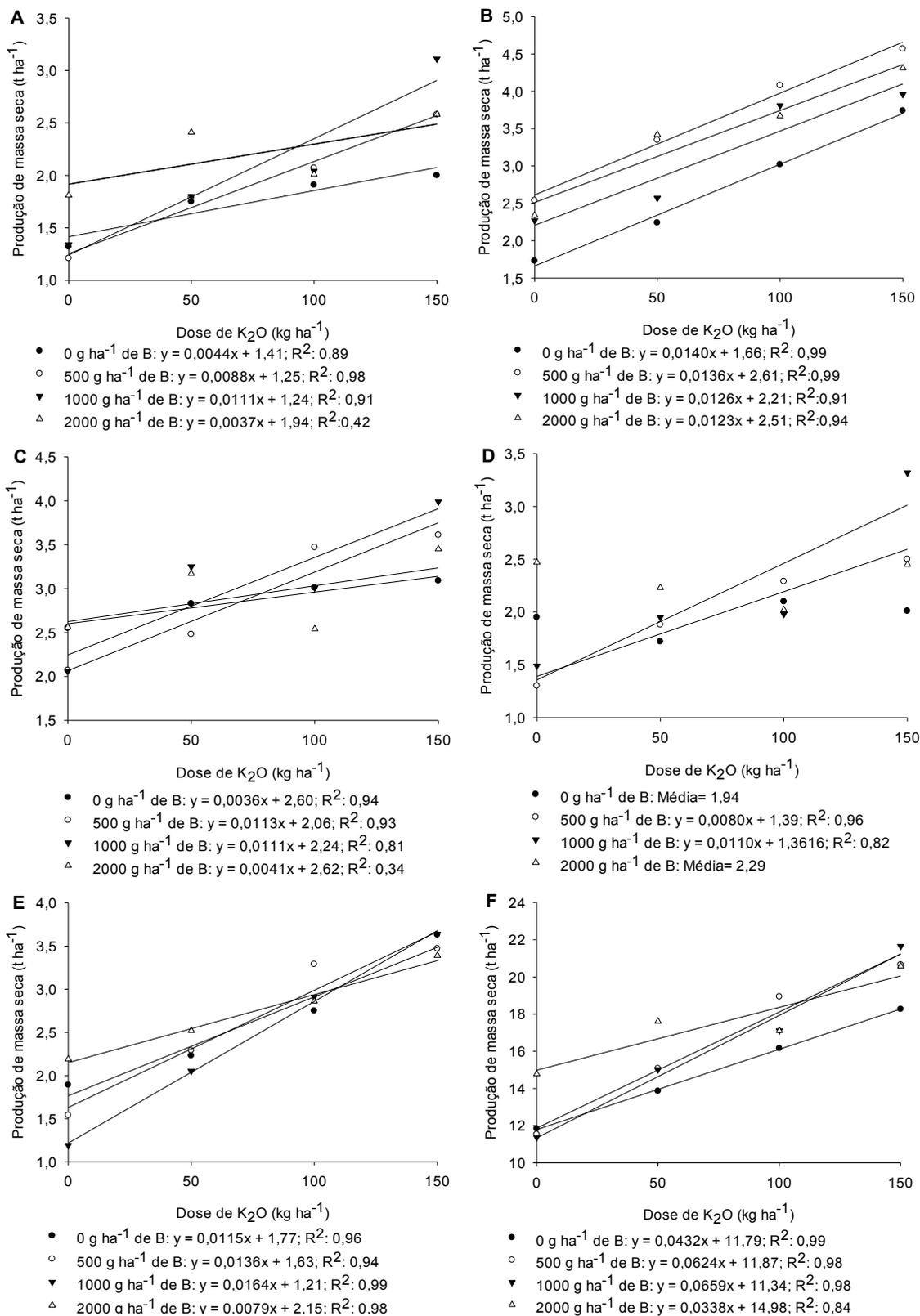
Para o terceiro e quarto corte as máximas produtividades de MS foram alcançadas na dose de  $150\text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ , sendo que as máximas ( $2,77$  e  $3,06\text{ t}$ , respectivamente) foram encontradas quando esta esteve associada as doses de  $778$  e  $1069,5\text{ g ha}^{-1}$  de B, respectivamente (Figura 7 – C e D). No sexto corte a aplicação das doses de B apresentaram efeito quadrático, com produção mínima na dose de  $717,5\text{ g ha}^{-1}$  de B (Figura 7 – E).

A produção acumulada de massa seca (Figura 7 - F) apresentou aumento linear com a aplicação das doses de boro. No entanto, quando esta aplicação foi realizada em conjunto com  $50\text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  obteve-se aumento de 24% na produção, em relação ao tratamento sem K. Na presença de  $150\text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  a maior produtividade ( $22,35\text{ t ha}^{-1}$ ) foi encontrada com a aplicação de  $1425\text{ g ha}^{-1}$  de B.

Avaliando o efeito das doses de  $K_2O$  dentro de cada dose de B sobre a produção de massa seca da forrageira, nota-se que houve aumento linear em todos os cortes e em todas as doses de B, exceto no quarto corte, em que a ausência de B e presença de  $2000\text{ g ha}^{-1}$  não houve efeito significativo (Figura 8 A, B, C, D e E).

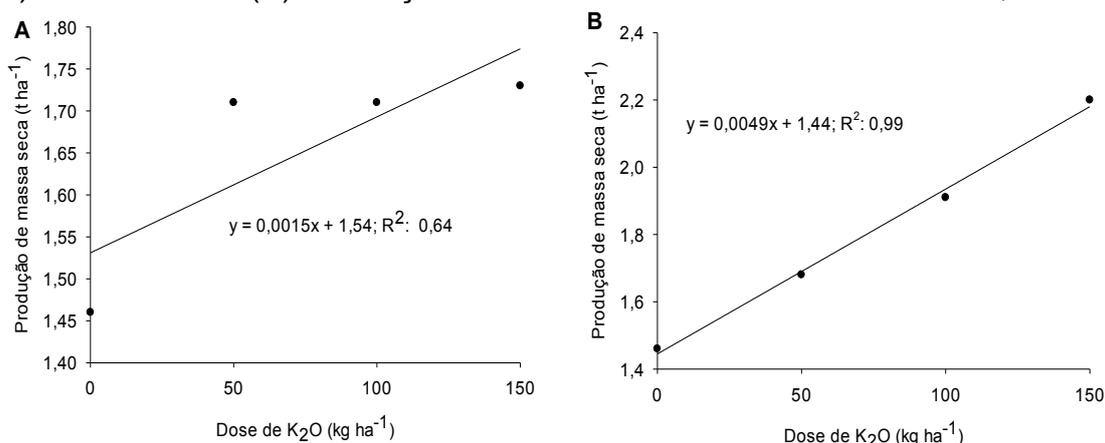
Avaliando a produção acumulada verifica-se que a aplicação de doses de  $K_2O$  proporcionaram aumento linear (Figura 8 – F), onde a maior produção acumulada ( $21,23\text{ t ha}^{-1}$ ) foi encontrada na presença de  $500$  e  $1000\text{ g ha}^{-1}$  de B. Quando comparamos o efeito de cada nível de B dentro da dose de  $150\text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  (Figura 8 – F) observamos um aumento de 16%, 16% e 10% na produção acumulada nas doses  $500$ ,  $1000$  e  $2000\text{ g ha}^{-1}$  de B, respectivamente, em relação a ausência de aplicação de B.

**Figura 8** - Produção de massa seca do *Panicum maximum* cv. Massai no primeiro (A), segundo (B), terceiro (C) e quarto (D), sexto corte (E) e produção acumulada (F) em função das doses de K<sub>2</sub>O dentro de cada dose de boro. Alta Floresta – MT, 2019.



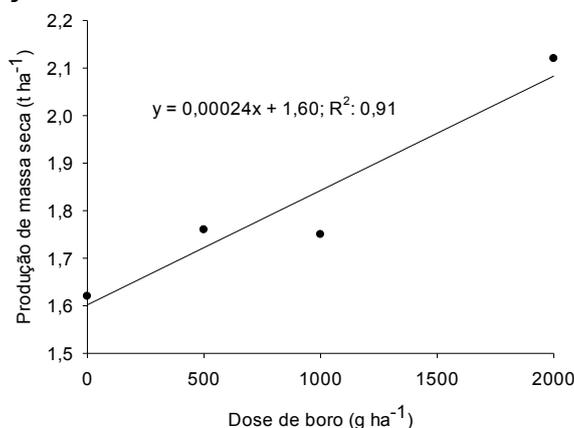
Houve efeito isolado das doses de K<sub>2</sub>O sobre a produção de massa seca do quinto (Figura 9 - A) e sétimo corte (Figura 9 - B), apresentando aumento linear e alcançando a produção de 1,77 e 2,18 t ha<sup>-1</sup> na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, refletindo em aumento de produção de 15% e 51%, respectivamente, em relação a ausência de aplicação de K<sub>2</sub>O.

**Figura 9** - Produção de massa seca de *Panicum maximum* cv. Massai no quinto (A) e sétimo corte (B) em função das doses de K<sub>2</sub>O. Alta Floresta – MT, 2019.



Houve efeito isolado das doses de boro na produção de massa seca no sétimo corte, ocorrendo aumento linear da produção, alcançando 2,08 t ha<sup>-1</sup> na dose de 2000 g ha<sup>-1</sup> de B, o que representa em aumento de 30% na produção de massa seca em relação à não aplicação de B (Figura 10).

**Figura 10** - Produção de massa seca de *Panicum maximum* cv. Massai no sétimo corte em função das doses de B. Alta Floresta – MT, 2019.



Ao estudarem o efeito da adubação com B e K na cultura do milho, Rehim et al. (2018) encontraram correlação positiva na aplicação combinada de K e B,

que resultou em melhores atributos de crescimento, nutrição e produtividade, em comparação à sua aplicação individual. A aplicação combinada de K e B também resultaram em altas concentrações destes em folhas e grãos de milho.

Valentim et al. (2001) descrevem que a produção anual do capim massai é de 21,3 t ha<sup>-1</sup>, semelhantes ao encontrado/. Sendo que houve aumento na produção de massa seca com a aplicação de K<sub>2</sub>O e B, onde os tratamentos que apresentaram melhores resultados atingiram uma produtividade total de 22,35 t ha<sup>-1</sup> (Figura 7 – F) e 21,23 t ha<sup>-1</sup> (Figura 8 – F), enquanto a produtividade do tratamento com ausência da aplicação de B e K atingiu a produtividade total de 11,03 t ha<sup>-1</sup> (Figura 7 – F) e 11,79 t ha<sup>-1</sup> (Figura 8 – F), ou seja, houve um aumento de 103% e 80% de produtividade.

As doses de K<sub>2</sub>O influenciaram significativamente o acúmulo de potássio em todos os cortes (Tabela 5), e as doses de boro alteraram significativamente o acúmulo nos cortes 1 e 4 e total. Não houve interação significativa apenas nos cortes 2 e 5.

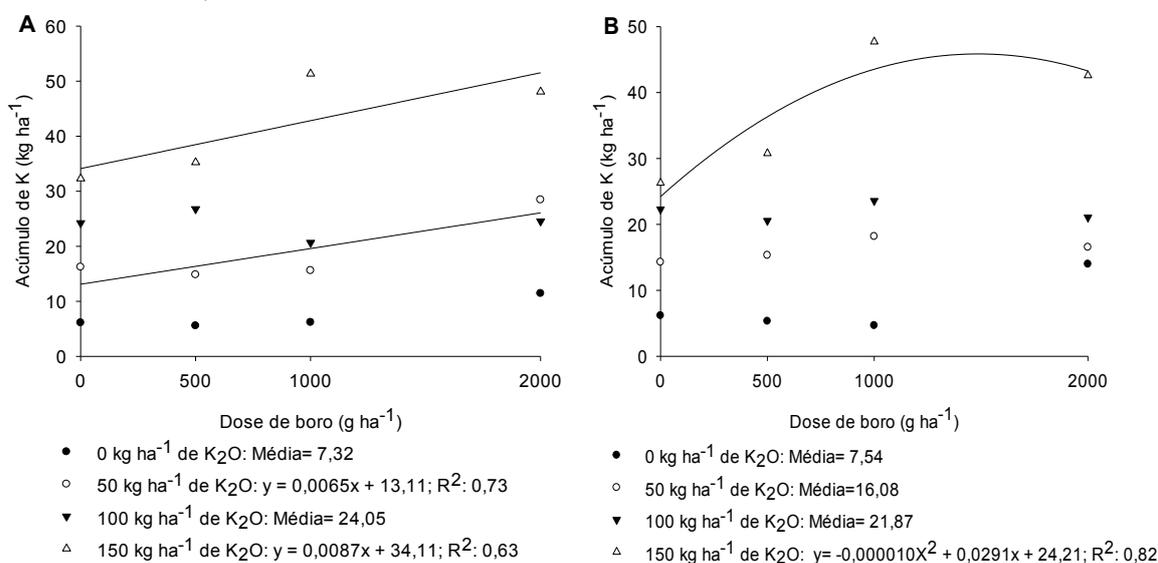
**Tabela 5** – Acúmulo de potássio em sete cortes avaliativos e total do *Panicum maximum* cv. Massai em função de doses de K<sub>2</sub>O e B. Alta Floresta - MT, 2019.

Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )	Acúmulo de potássio							Total
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	
	-----kg ha <sup>-1</sup> -----							
0	7,32	7,08	7,60	7,54	5,79	3,61	2,17	41,10
50	18,78	21,61	20,79	16,08	11,82	12,17	4,26	105,51
100	24,05	36,49	24,94	21,87	14,87	19,88	8,39	150,49
150	41,73	54,82	39,57	36,84	21,33	31,74	15,33	241,34
Doses de B								
(g ha <sup>-1</sup> )								
0	19,71	27,94	22,61	17,26	13,76	18,77	7,55	127,61
500	20,60	30,49	21,72	17,99	12,91	16,66	7,26	127,63
1000	23,44	28,67	25,02	23,53	11,97	15,38	7,30	135,32
2000	28,13	32,90	23,53	23,54	15,18	16,58	8,02	147,89
Teste F								
Doses de K	105,78**	178,53**	124,11**	59,52**	48,85**	334,38**	341,73**	404,06**
Doses de B	7,40**	2,09 <sup>ns</sup>	1,42 <sup>ns</sup>	4,59**	2,17 <sup>ns</sup>	4,66**	1,22 <sup>ns</sup>	5,22**
K x B	3,72**	1,65 <sup>ns</sup>	4,66**	2,49**	1,69 <sup>ns</sup>	5,98**	6,01**	4,77**
CV (%)	21,00	17,66	17,63	26,90	23,82	13,43	14,43	10,77

\*\* , \* e NS são, respectivamente, significativo a 1%, 5% e não significativos pelo teste F.

Apenas a aplicação de boro, na ausência de K<sub>2</sub>O, não proporcionou efeito significativo sobre o acúmulo de potássio em nenhum dos cortes (Figura 11 - A e B).

**Figura 11** – Acúmulo de K do *Panicum maximum* cv. Massai no primeiro (A), quarto corte (B) em função das doses de boro dentro de cada dose de K<sub>2</sub>O. Alta Floresta – MT, 2019.



No primeiro corte as doses de B proporcionaram aumento linear no acúmulo de K, quando estas foram aliadas as doses de 50 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Quando houve apenas a aplicação de B o acúmulo médio foi de 7,32 kg ha<sup>-1</sup> de K, e ao utilizar 2000 g ha<sup>-1</sup> de B aliado a 50 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O proporcionaram acúmulo máximo de 26,11 e 51,51 kg ha<sup>-1</sup> de K, respectivamente, refletindo em aumento de 257% e 604%, respectivamente (Figura 11– A). No quarto corte houve efeito quadrático para as doses de B aliadas a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, com acúmulo máximo na dose de 1455 g ha<sup>-1</sup> de B (Figura 11– B).

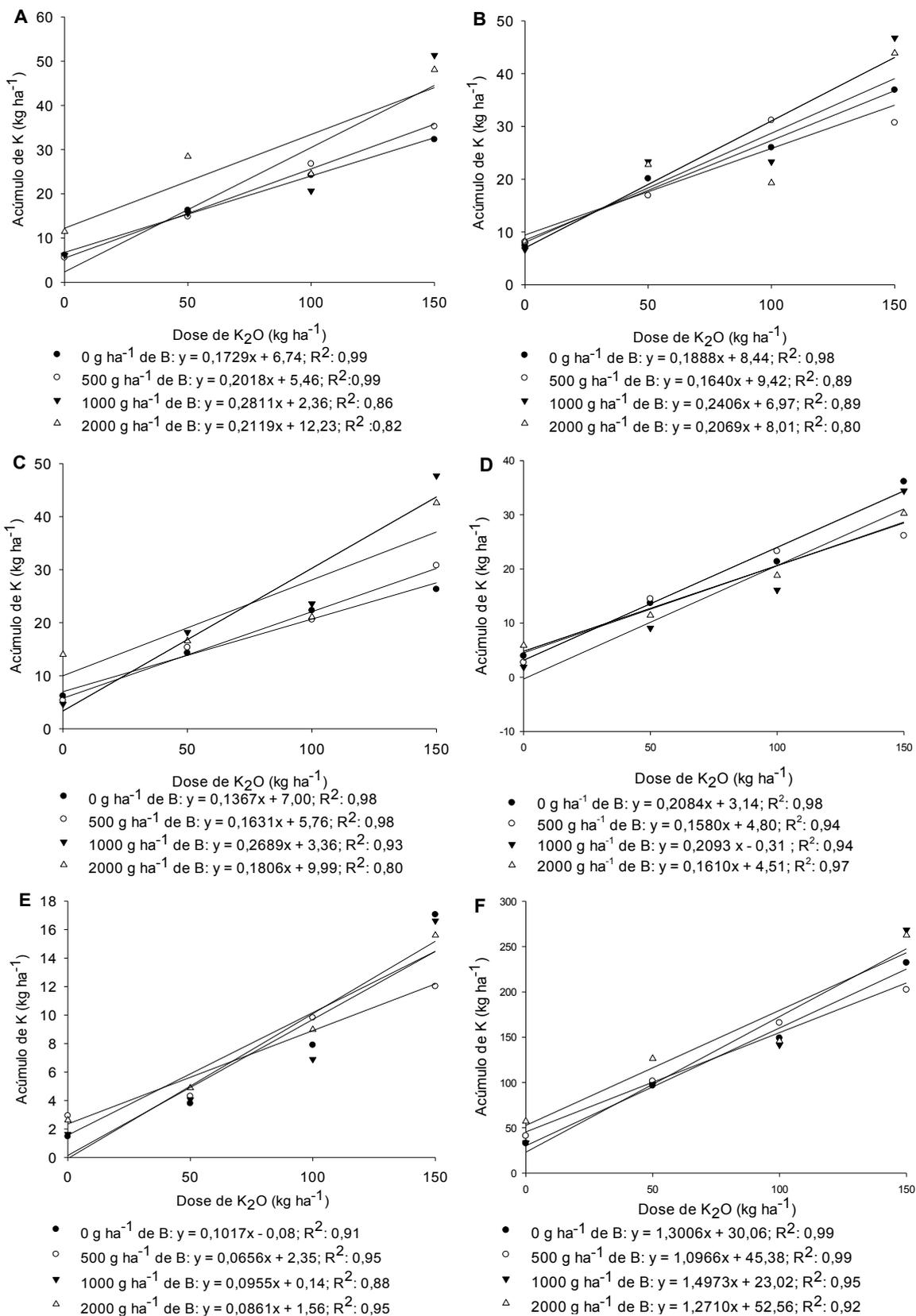
No desdobramento da interação para o estudo de doses de K<sub>2</sub>O dentro de cada dose de B, é possível verificar aumento linear do acúmulo de K com o aumento das doses de K<sub>2</sub>O, efeito potencializado pelas doses de boro (Figura 12). Os maiores acúmulos de K no primeiro, terceiro, quarto corte e total foram observados quando utilizou a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aliada à 1000 g ha<sup>-1</sup> de B (Figura 12- A, B, C e F).

Levando em consideração a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O podemos observar o efeito potencializador da adição de 1000 g ha<sup>-1</sup> de B, onde no primeiro corte o acúmulo de K sem adição de B foi de 32,68 kg ha<sup>-1</sup> enquanto na maior dose o acúmulo foi de 44,53, o que representa aumento de 36% (Figura 12- A). O mesmo efeito pode ser observado no terceiro, quarto corte e no acúmulo total, sendo que no terceiro corte houve aumento de 17% (Figura 12 – B), no quarto o

aumento foi de 59% (Figura 12 – C) e no acúmulo total houve aumento de 10% (Figura 12 – F).

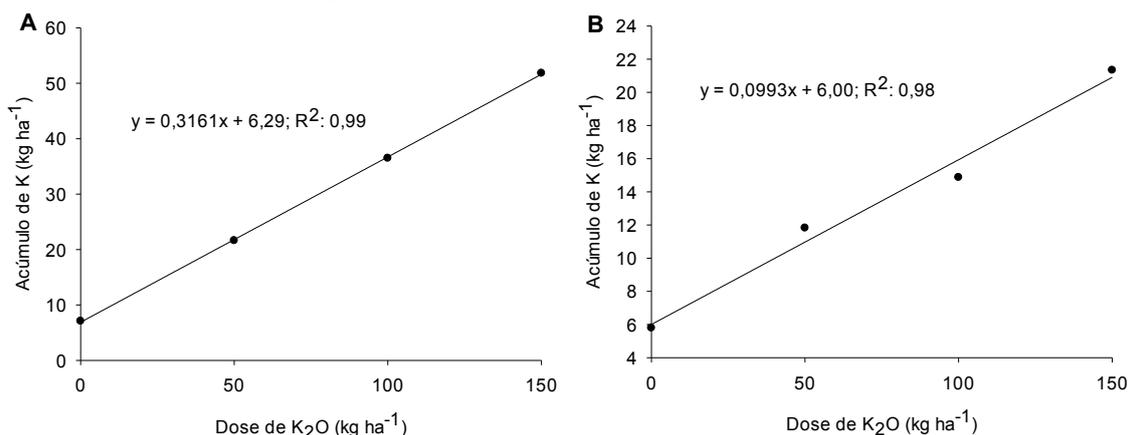
O acúmulo de K do capim massai no sexto corte foi maior na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e na ausência da aplicação de B, esse efeito é justificado devido a produção de massa seca ter sido menor (Figura 8 - E) e por consequência houve a concentração do nutriente (Figura 4 – D) resultando em maior acúmulo, o mesmo efeito ocorreu no sétimo corte (Figura 12 – E). Em ambos os cortes a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aliada a dose de 1000 g ha<sup>-1</sup> proporcionaram o segundo maior acúmulo do nutriente.

**Figura 12** - Acúmulo de K do *Panicum maximum* cv. Massai no primeiro (A), terceiro (B), quarto (C), sexto (D), sétimo corte (E) e Total (F) em função das doses de K<sub>2</sub>O dentro de cada dose de boro. Alta Floresta – MT, 2019.



O acúmulo de potássio apresentou aumento linear em função das doses de K<sub>2</sub>O no segundo e quinto corte (Figura 13), sendo que os maiores acúmulos de 53,71 (Figura 13 - A) e 20,90 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 13 – B) foram encontrados na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

**Figura 13** - Acúmulo de K do *Panicum maximum* cv. Massai no segundo (A) e quinto corte (B) em função das doses de K<sub>2</sub>O. Alta Floresta – MT, 2019.



Para o acúmulo de boro houve interação significativa no primeiro, terceiro, quarto, quinto corte e total (Tabela 6). No segundo corte houve efeito isolado das doses de K<sub>2</sub>O.

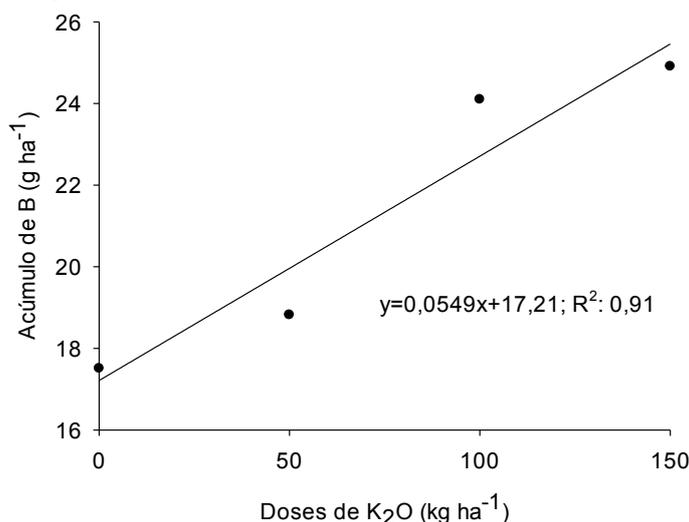
**Tabela 6** - Acúmulo de boro em sete cortes avaliativos e total do *Panicum maximum* cv. Massai em função de doses de K<sub>2</sub>O e B. Alta Floresta - MT, 2019

Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )	Acúmulo de boro							
	1° Corte	2° Corte	3° Corte	4° Corte	5° Corte	6° Corte	7° Corte	Total
	-----g ha <sup>-1</sup> -----							
0	31,36	17,51	17,49	8,70	16,19	14,14	10,79	116,18
50	55,04	18,82	17,50	12,49	15,68	15,28	10,84	146,64
100	60,26	24,10	23,35	11,78	12,15	20,06	12,77	164,47
150	96,37	24,91	29,78	13,06	12,43	22,87	13,73	213,15
Doses de B (g ha <sup>-1</sup> )								
0	45,76	18,63	18,21	9,13	12,67	18,14	10,44	132,97
500	61,53	24,05	19,46	13,51	11,39	17,19	11,44	158,57
1000	61,02	19,88	25,20	13,65	17,43	18,53	11,89	167,59
2000	74,73	22,77	25,26	9,75	14,97	19,47	14,37	181,32
Teste F								
Doses de K	44,58**	8,83**	13,62**	19,63**	7,36**	30,79**	20,45**	56,52**
Doses de B	8,67**	4,03 <sup>ns</sup>	5,51**	30,02**	11,63**	1,80 <sup>ns</sup>	26,68**	14,23**
K x B	5,71**	1,41 <sup>ns</sup>	4,77**	6,28**	4,98**	4,92**	6,37**	5,83**
CV (%)	22,94	20,30	24,97	13,21	19,16	13,24	9,30	11,68

\*\* , \* e NS são, respectivamente, significativo a 1%, 5% e não significativos pelo teste F.

As doses de K<sub>2</sub>O proporcionaram aumento linear no acúmulo de B no segundo corte (Figura 14), sendo que o maior acúmulo foi de 25,44 g ha<sup>-1</sup> na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

**Figura 14** - Acúmulo de B de *Panicum maximum* cv. Massai no segundo corte em função das doses de K<sub>2</sub>O. Alta Floresta – MT, 2019.



No desdobramento da interação para o estudo de boro dentro de cada dose de potássio, nota-se que no primeiro corte houve aumento linear no acúmulo de B com a ausência de adubação potássica e com a aplicação de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, atingindo acúmulo 47,64 e 82,36 g ha<sup>-1</sup> de B, respectivamente, na dose de 2000 g ha<sup>-1</sup> de B. Quando aliado a dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, as doses de B proporcionaram aumento de 73% em relação a ausência de aplicação de K<sub>2</sub>O. Com a aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O as doses de B não proporcionaram efeito e na presença de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O houve efeito quadrático atingindo o ponto de acúmulo máximo (129 g ha<sup>-1</sup> de B) com a aplicação de 1114 g ha<sup>-1</sup> de B (Figura 15 – A). É possível observar que o acúmulo de B no primeiro corte (Figura 15 – A) apresentou o mesmo comportamento que a produção (Figura 7 – A) e o teor de B (Figura 5 – A).

No terceiro corte houve aumento linear no acúmulo de B com a aplicação da dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O proporcionando acúmulo de 30,54 g ha<sup>-1</sup> de B na dose de 2000 g ha<sup>-1</sup> de B, e efeito quadrático na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, com máxima (39,76 g ha<sup>-1</sup> de B) na dose de 1175 g ha<sup>-1</sup> de B (Figura 15 – B).

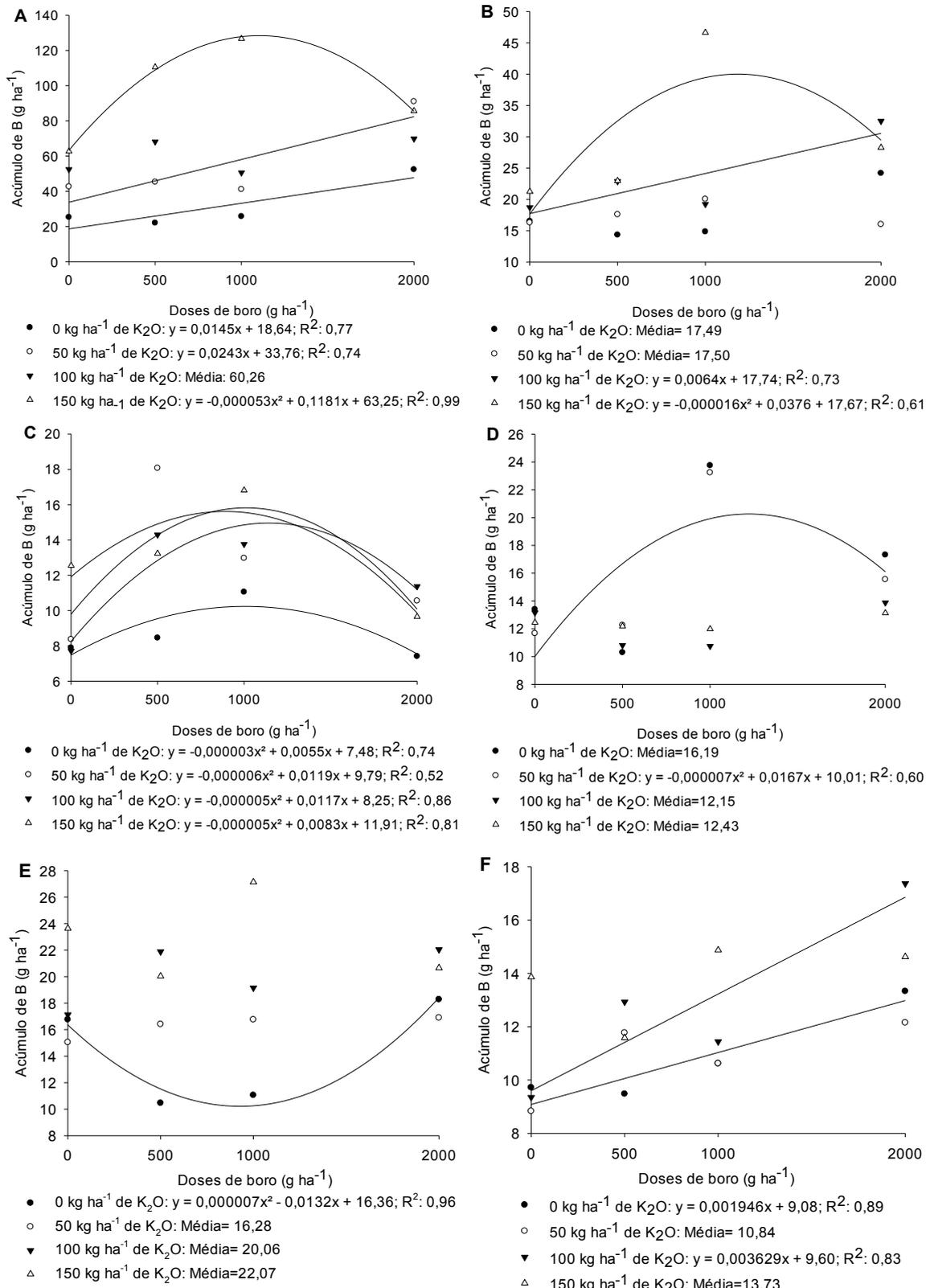
O acúmulo de B no quarto corte apresentou efeito quadrático para todas

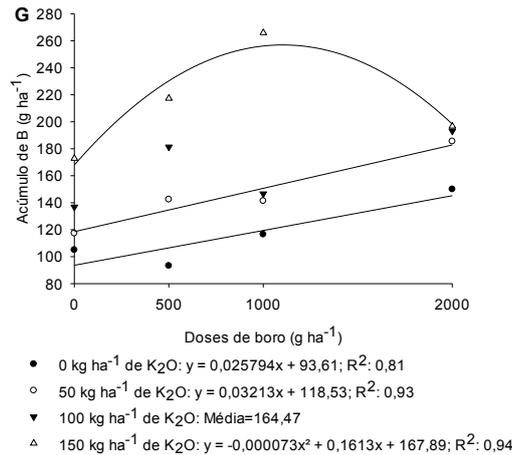
as doses de  $K_2O$  (Figura 15 – C). Nas doses 0, 50, 100 e 150  $kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$  o acúmulo máximo observado foi de 10,00, 15,69, 15,09 e 13,35  $g\ ha^{-1}$  de B, respectivamente, com a aplicação de 917, 992, 1170 e 830  $g\ ha^{-1}$  de B.

Ao estudarmos o acúmulo de B no quinto corte, observamos que houve efeito quadrático na dose de 50  $kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$  (Figura 15 – D), alcançando acúmulo máximo de 19,97  $g\ ha^{-1}$  de B aliado a dose de 1193  $g\ ha^{-1}$  de B. No sexto corte a ausência da aplicação de  $K_2O$  e a aplicação de 942,86  $g\ ha^{-1}$  de B resultaram em acúmulo mínimo de 10,14  $g\ ha^{-1}$ , comportamento semelhante ao da produção de massa seca (Figura 7 – E). No sétimo corte houve aumento linear na ausência de aplicação e na aplicação de 100  $kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$  alcançando acúmulo de 12,88 e 16,80  $g\ ha^{-1}$  de B.

O acúmulo total de boro em todos os cortes (Figura 15 – G) representa muito bem a dinâmica deste acúmulo em todos os cortes, sendo que ocorreu um aumento de 77% no acúmulo de B quanto aliou-se doses de B com a aplicação de 150  $kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$  em relação à ausência de aplicação de K, sendo que o máximo acúmulo (256,99  $g\ ha^{-1}$  de B) foi encontrado na dose de 1104,79  $g\ ha^{-1}$  de B. Quando as doses de B foram aliadas a doses menores de  $K_2O$  (50 e 100  $kg\ ha^{-1}$ ) também houve aumento no acúmulo de B, sendo que o acúmulo encontrado nessas doses foi de 182,73 e 164,47  $g\ ha^{-1}$  de B, respectivamente. No entanto, o efeito foi menos expressivo, representando aumento de 26% e 13%, respectivamente. Pode-se observar que o acúmulo total de B apresenta correlação direta com a produção de massa seca acumulada (Figura 7 – F).

**Figura 15** - Acúmulo de B do *Panicum maximum* cv. Massai no primeiro (A), terceiro (B), quarto (C), quinto (D), sexto (E), sétimo corte (F) e Total (G) em função das doses de boro dentro de cada dose de K<sub>2</sub>O. Alta Floresta – MT, 2019.





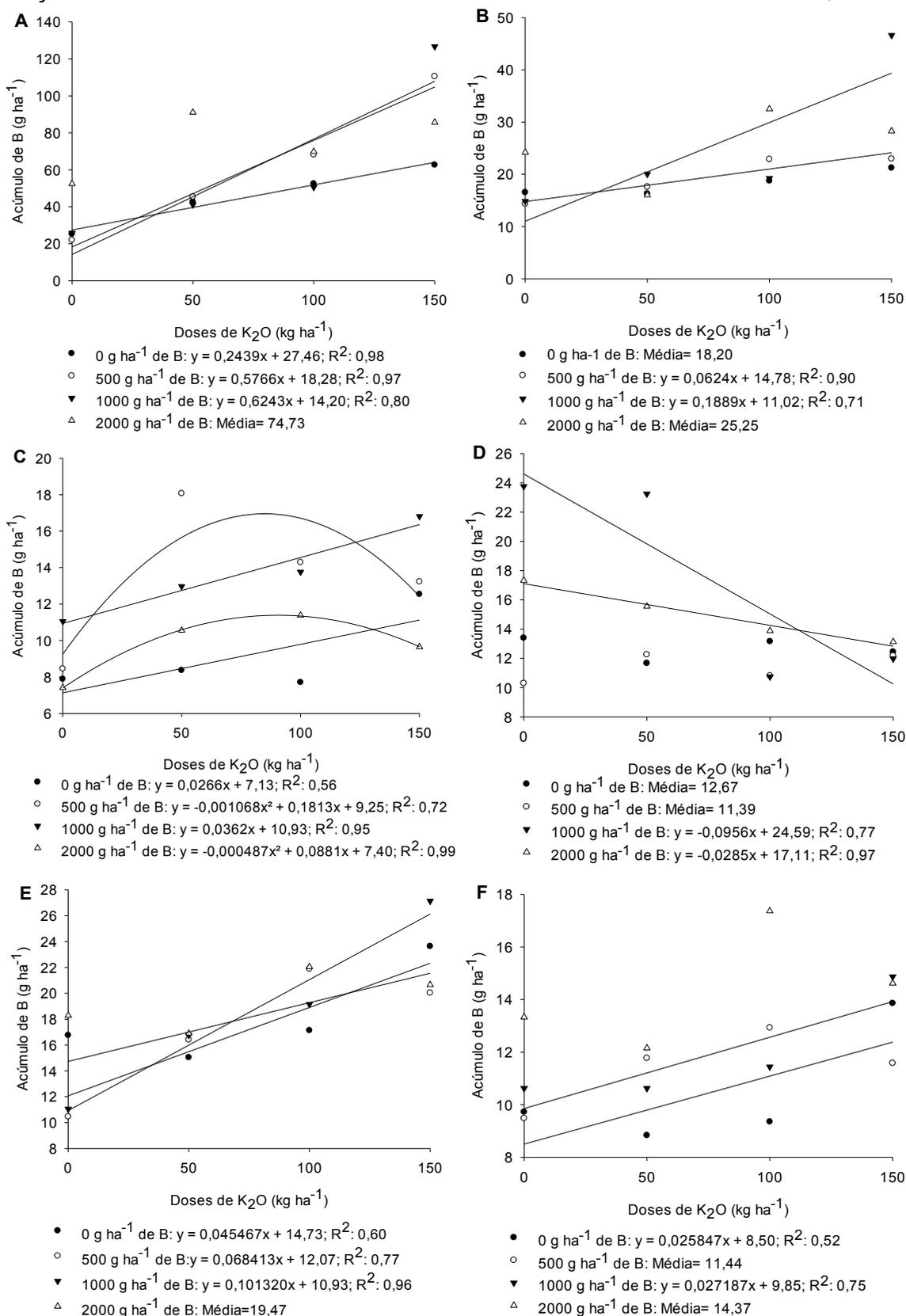
No Figura 16 podemos observar que o acúmulo de boro foi influenciado diretamente pela aplicação de doses de K<sub>2</sub>O. No primeiro corte houve aumento linear no acúmulo na ausência da aplicação e nas doses de 500 e 1000 g ha<sup>-1</sup> de B (Figura 16 – A), sendo que aliado a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O o acúmulo observado foi de 64,05, 104,77 e 107,85 g ha<sup>-1</sup> de B, respectivamente, isso representa aumento de 64% e 68% no acúmulo nas doses de 500 e 1000 g ha<sup>-1</sup> de B em relação à ausência de aplicação. O acúmulo neste corte foi maior que nos demais isso se deve ao aumento da produção de massa seca (Figura 8 - A) e principalmente pelo aumento nos teores foliares de B (Figura 6 – A).

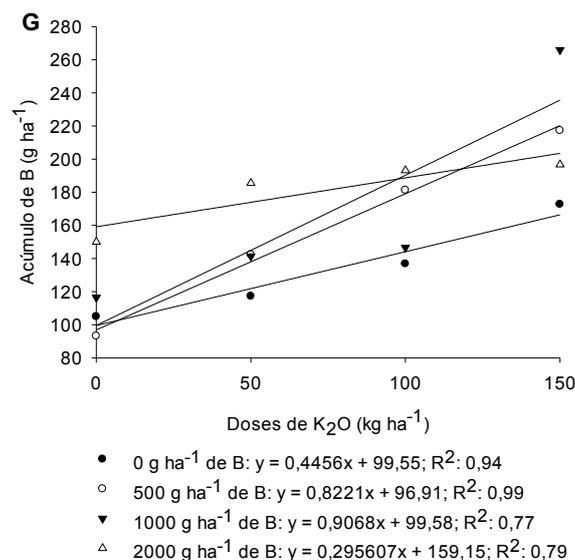
No terceiro houve aumento linear nas doses 500 e 1000 g ha<sup>-1</sup> de B (Figura 16 – B), em que o acúmulo máximo foi de 24,14 e 39,32 g ha<sup>-1</sup> de B, respectivamente.

No quarto corte houve efeito quadrático para as doses 500 e 2000 g ha<sup>-1</sup> de B, com acúmulo máximo de 16,94 e 11,38 g ha<sup>-1</sup> de B, e linear para a ausência de aplicação e dose de 1000 g ha<sup>-1</sup> de B (Figura 16 – C) com acúmulo de 11,12 e 16,32 g ha<sup>-1</sup> de B, respectivamente. Os tratamentos que propiciaram melhor acúmulo foram na dose de 84,87 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aliado à 500 g ha<sup>-1</sup> de B e na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aliada a dose de 1000 g ha<sup>-1</sup> de B, representando aumento de 52% e 47% em relação à ausência de aplicação.

No quinto corte houve redução linear no acúmulo de B para as doses 1000 e 2000 g ha<sup>-1</sup> de B, com acúmulos mínimos de 10,25 e 12,84 g ha<sup>-1</sup> de B aliadas a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, esse efeito pode ter ocorrido devido à diminuição nos teores foliares de B (Figura 6 – E).

**Figura 16** - Acúmulo de B do *Panicum maximum* cv. Massai no primeiro (A), terceiro (B), quarto (C), quinto (D), sexto (E), sétimo corte (F) e Total (G) em função das doses de  $K_2O$  dentro de cada dose de boro. Alta Floresta – MT, 2019.





No sexto e sétimo corte houve aumento linear no acúmulo de B sem aplicação de B e com a aplicação de 1000 g ha<sup>-1</sup> de B, sendo que a dose de 500 g ha<sup>-1</sup> proporcionou aumento linear do acúmulo de B apenas no sexto corte (Figura 16 E e F).

O acumulado total (Figura 16 – G) representa muito bem os resultados encontrados, onde a combinação das doses de K<sub>2</sub>O e B proporcionaram sempre os melhores resultados quando comparados à ausência de aplicação. O aumento mais expressivo foi encontrado com a aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aliada a 1000 g ha<sup>-1</sup> de B apresentando acúmulo total de 235,60 g ha<sup>-1</sup> de B, 42% maior que na ausência de B, onde o acúmulo foi de 166,39 g ha<sup>-1</sup> de B. O mesmo efeito observado no acúmulo foi observado na produção acumulada (Figura 8 – F), onde os tratamentos que propiciaram maior produção favoreceram o maior acúmulo de B.

Ao estudar o efeito da interação B e K em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), Samet, Çikili e Dursun (2013) observaram que acúmulo de boro e potássio na parte aérea aumentou proporcionalmente ao aumento dos níveis de B e K, e a absorção de B aumentou significativamente com o aumento das doses de B e K.

## 5. CONCLUSÕES

Os efeitos da aplicação de  $K_2O$  foram potencializados com a aplicação de B, mostrando efeito sinérgico entre os elementos. Esse efeito foi observado para o teor de K, produção de MS, acúmulo de K e B na MS.

A aplicação de doses de B aliada a aplicação de  $K_2O$  não influenciou no teor de K na MS. No entanto esta combinação potencializou o teor de B na MS, a produção de MS e o acúmulo de K e B.

Os melhores resultados de produção foram alcançadas com a aplicação de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  combinadas a doses entre  $1000$  e  $1500 \text{ g ha}^{-1}$  de B. Sugere-se o parcelamento das doses para que a adubação tenha maior efeito residual e para que ocorra menores perdas dos nutrientes.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERT, L. S. Ribonucleic acid content, boron deficiency symptoms, and elongation of tomato root tips. **Plant physiology**, Bethesda, v. 40, n. 4, p. 649, 1965.

ALMEIDA, E. I. B.; DEUS, J. A. L.; CORRÊA, M. C. M.; CRISOSTOMO, L. A.; NEVES, J. C. L. Linha de fronteira e chance matemática na determinação do estado nutricional de pitaia. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 744-754, 2016.

ALMEIDA, G. M.; CANTO, M. W.; BARTH NETO, A.; COSTA, A. C. S. Resposta da cultura de sementes de capim-mombaça a épocas e doses de adubação de boro. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, p. 1545-1558, 2015.

ARAÚJO, M. S.; MELO, M. A.; HODECKER, B. E. R.; BARRETTO, V. C. M.; ROCHA, E. C. Adubação com boro no crescimento de mudas de mogno-africano. **Journal of neotropical agriculture**, Cassilândia, v. 4, n. 1, p. 1-7, 2017.

BRIGHENTI, A. M.; MULLER, M. D. Controle do capim-braquiária associado à nutrição com boro no cultivo do mogno-africano em sistema silvipastoril. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 45, n. 4, p. 745-751, 2014.

BROWN, P. H.; SHELP, B. J. Boron mobility in plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 193, s/n, p. 85-101, 1997.

BROWN, P. H.; HU, H. **Manejo do boro de acordo com sua mobilidade nas diferentes culturas**. Piracicaba: POTAFOS, 1998. p 1-12.

CANTARUTTI, R.B.; ALVAREZ, V.V.H.; RIBEIRO, A.C. Pastagens. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H. (Eds.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa: FSEMG/UFV, 1999. p.332-341.

CAIRES, S. M.; CASTRO, J. G. D. Levantamento dos agrotóxicos usados por produtores rurais do município de Alta Floresta Mato Grosso. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Paraíba, v. 2, n. 1, p. 1-17, 2002.

COSTA, N. L.; PAULINO, V. T.; MAGALHÃES, J. A.; RODRIGUES, B. H. N.; SANTOS, F. J. S. Eficiência do nitrogênio, produção de forragem e morfogênese do capim-massai sob adubação. **Nucleus**, Ituverava, v. 13, n. 2, p. 173-182, 2016.

DIAS FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402).

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; CLARK, R.B. Micronutrients in crop production. **Advances in Agronomy**, Amsterdam, v. 77, n. 1, p. 185-268, 2002.

FARIA, Á. J. G.; FREITAS, G. A.; GEORGETTI, A. C. P.; FERREIRA JÚNIOR, J. M.; SILVA, M. C. A.; SILVA, R. R. Adubação nitrogenada e potássica na produtividade do capim Mombaça sobre adubação fosfatada. **Journal of bioenergy and food science**, Macapá, v. 2, n. 3, p. 98-106, 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FERREIRA, G. A. **Absorção de boro e potássio e relação com a atividade da H<sup>+</sup>-ATPase de porta-enxerto de citros**. 2014. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agrônômico, Campinas, 2014.

FERREIRA, L. G.; SOUSA, S. B.; ARANTES, A. E. **Radiografia das pastagens do Brasil**. Goiânia: Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento, 2014.

GAUCH, H. G. **Inorganic plant nutrition**. Stroudsburg: Dowden, Hutchinson & Ross, 1972. p. 1-488.

KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. **International Plant Nutrition Institute**, Piracicaba, v. 118, n. 2, p. 1-24, 2007.

LANGE, A.; DANTAS, J.; FREDDI, O. S.; BURATTO, W.; SPAZIANI, C.; CAIONE, G. Degradação do solo e pecuária extensiva no norte de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 7, n. 6, p. 642-648, 2019.

LEMPP, B.; SOUZA, F. H. D.; COSTA, J. C.G.; BONO, J. A. M.; VALÉRIO, J. R.; JANK, L.; MACEDO, M. C. M.; EUCLIDES, V. B. P.; SAVIDAN, Y. H. **Capim-Massai (*Panicum maximum* cv. Massai)**: alternativa para diversificação de pastagens. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001, 9p. (Embrapa Gado de Corte, Comunicado Técnico, 69).

LEWIS, D. H. Boron, lignification and the origin of vascular plants-a unified hypothesis. **New Phytologist**, Cambridge, v. 84, n. 2, p. 209-229, 1980.

LIEBIG, J. von. **Die chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie**. Braunschweig: Veinegn. 1840. 342 p.

LILIENFEIN, J.; WILCKE, W.; VILELA, L.; AYARZA, M.A.; LIMA, S.C.; ZECH, W. Soil fertility under native cerrado and pasture in the Brazilian savanna. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.67, n. 4, p.1195-1205, 2003.

LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. Piracicaba: POTAFOS, 1998. p. 1-177.

LOPES, A. S. **Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agrônômica**. São Paulo: ANDA, 1999. p. 1-58.

LOPES, M. N.; CÂNDIDO, M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F.; SILVA, R. G.; LOPES, J. W. B.; LACERDA, C. F.; FERNANDES, F. R. B.; BEZERRA, F. M. L. Fluxo de biomassa em capim-massai durante o estabelecimento e rebrotação com e sem adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 3, p. 363-371, 2013.

LOOMIS, W. D.; DURST, R. W. Chemistry and biology of boron. **BioFactors**, Oxford, v. 3, n. 4, p. 229-239, 1992.

MACEDO, N. C.; PORTELA, G. F.; DINIZ, K. D.; REZENDE, L. P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em pastagem capim massai (*Panicum maximum* jacq.) no município de Sambaíba-MA. **Global Science And Technology**, Rio Verde, v. 11, n. 2, p. 78-87, 2018.

MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C.; PORTO FILHO, F. Q.; GUEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. Teores foliares de nutrientes em meloeiro irrigado com águas de diferentes salinidades. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, (Suplemento), p. 292-295, 2005.

MALVI, U. R. Interaction of micronutrients with major nutrients with special reference to potassium. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, Dharwad, v. 24, n. 1, p. 106-109, 2011.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. **Pastagens no cerrado: baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 30p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 50).

NASCIMENTO, M. P. S. C. B.; NASCIMENTO, H. T. S.; ARAÚJO NETO, R. B., LEAL, J. A. **O capim-massai no Meio-Norte**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002, 3 p. (Embrapa Meio-Norte, Comunicado Técnico, 144).

NEVES, L. S.; ERNANI, P. R.; SIMONETE, M. A. Mobilidade de potássio em solos decorrente da adição de doses de cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 25-32, 2009.

OLIVEIRA, V. S.; MORAIS, J. A. S.; FAGUNDES, J. L.; LIMA, I. G. S.; SANTANA, J. C. S.; SANTOS, C. B. Efeito da irrigação na produção e qualidade de pastagens durante o período da seca. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça, v. 26, n.0, p. 1-10, 2016.

PEDREIRA, B.; PITTA, R.; ANDRADE, C. M. S.; DIAS FILHO, M. B. **Degradação de pastagens de Braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) no Estado de Mato Grosso**. Sinop: Embrapa Agrossilvipastoril, 2014. 28 p (Embrapa Agrossilvipastoril. Documentos, 2).

POLLARD, ANNE S.; PARR, ADRIAN J.; LOUGHMAN, BRIAN C. Boron in relation to membrane function in higher plants. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 28, n. 4, p. 831-841, 1977.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: UNESP, 2008.

QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R. M. Sources and rates of potassium for sweet orange production. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 3, p. 369-375, 2011.

REHIM, A.; SALEEM, J.; BASHIR, M. A.; IMRAN, M.; NAVEED, S.; SIAL, M. U.; AHMED, F. Potassium and Boron Fertilization Approaches to Increase Yield and Nutritional Attributes in Maize Crop. **Science, Technology and Development**, Islamabad, v. 37, n. 2, p. 69-77, 2018.

REHMAN, A.; FAROOQ, M.; RASHID, A.; NADEEM, F.; STUERZ, S.; ASCH, F.; BELL, R. W.; SIDDIQUE, K. H. M. Boron nutrition of rice in different production systems. A review. **International Journal of Agriculture & Biology**, Paquistão, v. 38, n. 25, p. 01-24, 2018.

REIS, B. E.; PAIVA, H. N.; BARROS, T. C.; FERREIRA, A. L.; CARDOSO, W. C. Crescimento e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 389-396, 2012.

RESENDE, G. M. D.; YURI, J. E.; MOTA, J. H.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C.; SOUZA, R. J.; CARVALHO, J. G. Produção de alface americana em função de doses e épocas de aplicação de Supa Potássio®. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 174-178, 2005.

RESENDE, Á. V. **Micronutrientes na agricultura brasileira: disponibilidade, utilização e perspectivas**. Rio de Janeiro: CETEM – Centro de Tecnologia Mineral, 2005.

RESENDE, G. M. Resposta da alface tipo americana a doses e épocas de aplicação foliar de zinco. **Revista Caatinga**. Mossoró, v. 18, n. 2, p. 66-72, 2005.

ROSOLEM, C. A.; BÍSCARO, T. Adsorção e lixiviação de boro em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 10, p. 1473-1478, 2007.

ROSOLEM, C. A.; SANTOS, F. P.; FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 1033-1040, 2006.

ROSOLEM, C. A.; VICENTINI, J. P. T. M. M.; STEINER, F. Suprimento de potássio em função da adubação potássica residual em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1507-1515, 2012.

SAMET, H.; ÇIKILI, Y.; DURSUN, S. Interactive effects of boron and potassium on the growth and mineral composition of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Soil-Water Journal**, Yenimahalle, v. 2, n. 2-1, p. 690-696, 2013.

SHORROCKS, V. M. The occurrence and correction of boron deficiency. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 193, n. 1, p. 121-148, 1997.

SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Revisão ampliada. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

SILVA, R. C. D.; SILVA JUNIOR, G. S.; SILVA, C. D. S.; SANTOS, C. T.; PELÁ, A. Nutrição com boro na soja em função da disponibilidade de água no solo. **Scientia agraria**, Curitiba, v. 18, n. 4, p. 155-165, 2017.

SILVA, Z. L.; LUCENA, F. T.; MARTINS, D. J. B.; SILVA, R. A.; MOREIRA, A. R.; ANDRADE, S. R. S. R.; GADELHA, J. A. F. Avaliação do desenvolvimento do capim *Panicum maximum* cv. Mombaça submetidos à duas idades de corte e diferentes densidades de plantas. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal, v. 11, n. 1, p. 178-183, 2017.

SILVEIRA, M. A. G.; VITUSSO, L.; MEDINAB, N. H. Distribuição de potássio em cana-de-açúcar. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, Recife, v. 3, n. 1, p. 1-8, 2015.

SIMILI, F. F.; GOMIDE, C. A. M.; MOREIRA, A. L.; REIS, R. A.; LIMA, M. L. P.; PAZ, C. C. P. Respostas do híbrido de sorgo-sudão às adubações nitrogenada e potássica: características estruturais e produtivas. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 34 n. 1, p. 87-94, 2010.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2. Ed., Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2004, 416p.

SOUZA, J. A.; CANESIN, R. C. F. S.; BUZETTI, S. Mobilidade de boro em mudas de pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 3, p. 930-935, 2012.

TANADA, T. Localization of boron in membranes. **Journal of plant nutrition**, New York, 6, n. 9, p. 743-749, 1983.

TANAKA, H. Boron absorption by crop plants as affected by other nutrients of the medium. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tóquio, v. 13, n. 2, p. 41-44, 1967.

TANG, P.M.; FUENTE, R.K. The transport of indole-3-acetic acid in boron and calcium deficient sunflower hypocotyl segments. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 81, n. 2, p. 646-650, 1986.

VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. D. C.; MOREIRA, P.; JANK, L.; SALES, M. F. L. **Capim Massai (*Panicum maximum* Jacq.)**: nova fronteira para diversificação das pastagens no Acre. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001, 16p. (Embrapa Acre, Circular Técnica, 41).

VOLPE, E.; MARCHETTI, M. E.; MACEDO, M. C. M.; LEMPP, B. Acúmulo de forragem e características do solo e da planta no estabelecimento de capim-

massai com diferentes níveis de saturação por bases, fósforo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 2, p. 228-237, 2008.

WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2297-2305, 2008.

ZUFFO, D. H.; RENNER, S.; SORDI, A.; CERICATO, A.; FIOREZE, K.; LAJÚS, C. R. Mobilidade de potássio em solos sob diferentes doses e formas de aplicação e potencial de rendimento da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill.). **Unoesc & Ciência**, Joaçaba, v. 10, n. 1, p. 25-30, 2019.