

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DOUGLAS FACUNDES PRIMO SILVA

FORMAÇÃO DE PASTAGEM DE CAPIM MULATO II (*Urochloa* spp. cv. Mulato II) SOB
DIFERENTES DOSES DE FÓSFORO E NITROGÊNIO COM FERTILIZAÇÃO FOLIAR
COMPLEMENTAR

Uberlândia

2025

FORMAÇÃO DE PASTAGEM DE CAPIM MULATO II (*Urochloa* spp. cv. Mulato II) SOB
DIFERENTES DOSES DE FÓSFORO E NITROGÊNIO COM FERTILIZAÇÃO FOLIAR
COMPLEMENTAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
da Universidade Federal de Uberlândia como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. José Geraldo Mageste da
Silva.

Uberlândia

2025

DOUGLAS FACUNDES PRIMO SILVA

FORMAÇÃO DE PASTAGEM DE CAPIM MULATO II (*Urochloa* spp. cv. Mulato II) SOB
DIFERENTES DOSES DE FÓSFORO E NITROGÊNIO COM FERTILIZAÇÃO FOLIAR
COMPLEMENTAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
da Universidade Federal de Uberlândia como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Zootecnia.

Uberlândia, 25 de setembro de 2025

Banca examinadora:

Prof. Dr. José Geraldo Mageste da Silva - Orientador

Dr. Adílio de Sá Junior

Dr. Eduardo Cézar Medeiros Saldanha

Aos meus pais e meu padrasto, aos meus avós e familiares, à minha mulher e meus amigos, ao Professor Mageste (Amado Mestre) e a todos meus colegas que, com muito apoio, incentivo e paciência não mediram esforços para que fosse possível eu chegar até esta etapa da minha vida, certamente sem todo esse apoio este trabalho não seria possível.

Dedico também ao Curso de Zootecnia e a todos docentes e pessoas envolvidas que convivi durante todos esses anos de aprendizado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que deu permissão para que tudo isso fosse possível, não somente nestes anos como discente, mas em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais Maria Aparecida, Rubens e Roberto por todo suporte e ensinamento na minha vida, e com toda essa base ter feito de mim uma pessoa melhor, também aos meus avós por toda ajuda, incentivo, paciência, suporte e conforto, fazendo o possível e o impossível para que tudo isso fosse possível, sem estes nada disto seria possível.

À minha mulher e meus amigos, que sempre contribuíram e incentivaram para meu crescimento pessoal. O apoio de vocês foi e continua sendo, minha força para chegar até aqui e ir além.

Um agradecimento especial a todos meus colegas de curso que contribuíram com meu desenvolvimento nesses anos como discentes e tornaram possível a conclusão deste trabalho.

Ao meu Professor e Orientador Mageste, ao qual tive o privilégio de ser seu orientado, e também por todos os ensinamentos e ajuda durante todo esse tempo. Meus sinceros agradecimentos por ter confiado e contribuído para minha formação profissional.

À toda banca examinadora composta pelo meu orientador Prof. Dr. José Geraldo Mageste da Silva, Dr. Adílio de Sá Junior e Dr. Eduardo Cézar Medeiros Saldanha por toda dedicação, atenção e contribuição neste estudo, e por aceitarem o convite e disponibilizarem parte de seu tempo para fazer parte desse grande momento da minha vida.

À Universidade Federal de Uberlândia e todo o seu corpo docente, direção, administração e colaboradores da Fazenda Experimental Capim Branco que sempre esteve presente e não mediram esforços para que tudo isso fosse possível e acontecesse até este momento.

E a todos que diretamente ou indiretamente fizeram parte da minha formação e da conclusão deste trabalho. Deixo aqui registrado o meu sincero agradecimento a todos vocês!

“Se você pensa que pode ou se pensa que não pode, de qualquer forma você está certo.”

Henry Ford

Resumo:

A baixa disponibilidade de fósforo nos solos do Cerrado compromete o estabelecimento de pastagens, sendo necessário o uso de estratégias eficientes de adubação. Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da interação entre doses de fosfato monoamônico (MAP) e do fertilizante foliar KP Plus no desenvolvimento inicial de *Urochloa spp.* cv. Mulato II. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Capim Branco (UFU), em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 3×3 , com três doses de Fosfato Monoamônico (MAP) (0, 50 e 100 kg/ha⁻¹) e três doses de fertilizante foliar contendo Fósforo e Potássio em sua composição (KP Plus) (0, 0,5 e 1 kg/ha⁻¹), possuindo quatro repetições cada tratamento. As variáveis avaliadas incluíram produção de forragem por área, matéria seca e composição morfológica. As análises estatísticas foram realizadas por meio de ANOVA, com teste de Tukey a 10% de significância. A maior produção de massa seca no primeiro corte (57.565 kg/ha⁻¹) foi observada com 1 kg/ha⁻¹ de KP Plus na ausência de MAP, indicando efeito positivo do fertilizante foliar, mesmo na ausência da adubação fosfatada de base. A dose de 0,5 kg/ha⁻¹ de KP Plus, também sem MAP, proporcionou a melhor proporção folha:colmo (3,14) e a maior porcentagem de folhas (75,66%), sugerindo um equilíbrio morfológico favorável à qualidade da forragem. No terceiro corte, aproximadamente seis meses após a implantação, a combinação de 0,5 kg/ha⁻¹ de KP Plus e 0 kg/ha⁻¹ de MAP manteve a maior proporção folha:colmo (2,775), indicando um efeito residual do fertilizante foliar. De modo geral, doses elevadas de MAP não apresentaram incrementos significativos na produtividade e, em algumas combinações, resultaram em menor proporção foliar, possivelmente por excesso de nutrientes ou interação negativa. Condições ambientais, como seca e baixa temperatura, também influenciaram os resultados, especialmente nas avaliações realizadas após o período seco. Conclui-se que o fertilizante foliar KP Plus, especialmente na dose de 0,5 kg/ha⁻¹, demonstrou potencial para promover maior produtividade e qualidade morfológica da pastagem, podendo ser utilizado como estratégia complementar ou alternativa à adubação fosfatada convencional no estabelecimento de *Urochloa spp.* cv. Mulato II.

Palavras-chave: Fósforo, solos do cerrado, pastagens, adubação, fosfato monoamônico, MAP, fertilizante foliar, KP Plus, *Urochloa spp.* cv. Mulato II, estabelecimento de pastagens.

Abstract:

The low availability of phosphorus in Cerrado soils compromises pasture establishment, making it necessary to adopt efficient fertilization strategies. This study aimed to evaluate the effects of the interaction between rates of monoammonium phosphate (MAP) and the foliar fertilizer KP Plus on the initial development of *Urochloa spp.* cv. Mulato II. The experiment was carried out at the Capim Branco Experimental Farm (UFU), in a randomized block design, in a 3×3 factorial scheme, with three rates of monoammonium phosphate (MAP) (0, 50, and 100 kg/ha⁻¹) and three rates of foliar fertilizer containing phosphorus and potassium in its composition (KP Plus) (0, 0.5, and 1 kg/ha⁻¹), with four replications per treatment. The evaluated variables included forage yield per area, dry matter, and morphological composition. Statistical analyses were performed using ANOVA, with Tukey's test at a 10% significance level. The highest dry matter yield in the first cut (57,565 kg/ha⁻¹) was observed with 1 kg/ha⁻¹ of KP Plus in the absence of MAP, indicating a positive effect of the foliar fertilizer, even without basal phosphorus fertilization. The 0.5 kg/ha⁻¹ dose of KP Plus, also without MAP, provided the best leaf:stem ratio (3.14) and the highest leaf percentage (75.66%), suggesting a morphological balance favorable to forage quality. In the third cut, approximately six months after establishment, the combination of 0.5 kg/ha⁻¹ of KP Plus and 0 kg/ha⁻¹ of MAP maintained the highest leaf:stem ratio (2.775), indicating a residual effect of the foliar fertilizer. Overall, higher MAP doses did not result in significant increases in productivity and, in some combinations, led to lower leaf proportions, possibly due to nutrient excess or negative interactions. Environmental conditions, such as drought and low temperatures, also influenced the results, especially in the evaluations carried out after the dry season. It is concluded that the foliar fertilizer KP Plus, particularly at the 0.5 kg/ha⁻¹ dose, showed potential to promote higher productivity and morphological quality of pasture and may be used as a complementary or alternative strategy to conventional phosphorus fertilization in the establishment of *Urochloa spp.* cv. Mulato II..

.

Key words: Phosphorus, cerrado soils, pastures, fertilization, monoammonium phosphate, MAP, foliar fertilizer, KP Plus, *Urochloa spp.* cv. Mulato II, pasture establishment

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	9
2 - OBJETIVO.....	11
3 - REVISÃO DE LITERATURA.....	11
3.1 Capim-Mulato II: Origem, Características e Importância na Produção Pecuária	11
3.2 O Fósforo: Importância para as Pastagens e a Produção Animal.....	13
3.3 O Potássio: Importância para as Pastagens e a Produção Animal.....	14
3.3 a - Disponibilidade de Potássio nos Solos e Necessidade de Adubação.....	15
3.4 A Adubação Foliar: Técnica Complementar na Nutrição Vegetal.....	16
3.5 Herbicida: Composto Fundamental no Controle de Plantas Daninhas.....	18
3.6 A Interação entre o Uso em Conjunto do Adubo Foliar e o Herbicida.....	19
4 - MATERIAL E MÉTODOS.....	21
5 – RESULTADOS e DISCUSSÃO.....	25
6 – CONCLUSÕES.....	29
REFERÊNCIAS.....	30
ANEXOS.....	35

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a criação de bovinos é predominantemente baseada em pastagens como a fonte de alimento principal. De acordo com a ABIEC (2024), em 2023 cerca de 94,47% da carne bovina produzida no Brasil teve origem em sistemas de criação à pasto. No entanto, grande parte dessa atividade ocorre de maneira extrativista, ou seja, onde os nutrientes já presentes no solo são continuamente explorados sem a reposição adequada. Esse processo leva, ao longo do tempo, à degradação progressiva das pastagens, reduzindo sua produtividade e sua qualidade nutricional.

Dentre os nutrientes essenciais para o crescimento das plantas forrageiras que compõem estas pastagens, o fósforo se destaca como um dos nutrientes mais limitantes nos solos brasileiros, principalmente nos solos do bioma Cerrado. Estudos realizados em diversos estados demonstram que a deficiência desse elemento compromete a demanda nutricional dos animais e também impacta diretamente a produtividade das pastagens (NASCIMENTO et al., 2005). O fósforo é considerado o segundo nutriente mais limitante para o crescimento de espécies agrícolas, ficando atrás apenas do nitrogênio. Sua importância se mostra ainda maior nas fases iniciais do desenvolvimento vegetal, pois está diretamente ligado ao crescimento radicular e ao perfilhamento (HOLFORD, 1997).

Diante dessa realidade, a escolha de forrageiras que são melhores adaptadas a solos de média fertilidade se torna um item fundamental para garantir uma maior eficiência produtiva dentro de um sistema de produção animal. O capim-mulato II (*Urochloa* spp. cv. Mulato II), anteriormente denominado Convert HD 364, surgiu como uma alternativa promissora para o uso como forrageira em pastagens, pois apresenta boa tolerância a solos ácidos, alta resposta à adubação nitrogenada, boa produtividade e boa resistência às cigarrinhas das pastagens, além de possuir alto valor nutritivo e boa digestibilidade (ARGEL et al., 2007). Esses fatores justificaram a escolha dessa cultivar para o estudo. Além disso, Santos et al. (2015) constataram que a aplicação de fertilização fosfatada resultou em um aumento de 33% na produção de matéria seca do capim-mulato II, além de também favorecer um maior perfilhamento.

Com base nesses resultados, surgiu o interesse em estudar quais nível de adubação fosfatada na fase de implantação da pastagem, aliada a uma posterior aplicação de potássio e fósforo provenientes de uma adubação foliar, traria os melhores resultados em termos de produtividade e qualidade nutricional. Isto se justifica pelo fato de que, em determinados estágios do desenvolvimento vegetal, as plantas apresentam uma demanda nutricional superior à sua capacidade de absorção de nutrientes provenientes do solo, mesmo quando tais nutrientes

se encontram disponíveis (MOCELLIN, 2004). Momento crítico onde a adubação foliar consegue fornecer fósforo e potássio de forma mais eficiente durante estes períodos críticos de necessidade desses elementos, embora seja de conhecimento geral que o fósforo é um nutriente pouco absorvido por via aérea.

O potássio, por sua vez, é o terceiro nutriente mais exigido quantitativamente pelas plantas forrageiras, ficando atrás apenas do nitrogênio e do fósforo. Sua influência na produtividade vegetal está diretamente relacionada ao crescimento da planta, e a capacidade de absorção deste nutriente do solo depende do sistema radicular da planta que está ligada a fertilização fosfatada aplicada (KROLOW et al., 2004 apud CROWDER; CHHEDA, 1982). Além disso, em sistemas de pastejo rotacionado ou de campos destinados para produção de feno e silagem, a extração de potássio do solo se mostra significativa. Por isso, a reposição desse nutriente é essencial para evitar o esgotamento do solo e garantir a sustentabilidade da pastagem e consequentemente do sistema de produção vigente (KROLOW et al., 2004 apud OLIVEIRA, 1995).

A utilização de fertilizantes foliares em conjunto com fertilizantes sólidos aplicados no solo, pode representar uma estratégia eficiente para prevenir deficiências nutricionais e otimizar a absorção dos nutrientes pelas raízes. Estudos apontam que essa prática pode melhorar a disponibilidade de nutrientes que estão na forma sólida no solo, favorecendo o crescimento e desenvolvimento das plantas (MOCELLIN, 2004).

A absorção de fertilizantes foliares ocorre principalmente quando os estômatos das plantas estão abertos, o que facilita a entrada dos nutrientes pela corrente transpiratória da planta. No entanto, essa absorção também pode ocorrer por mecanismos passivos, como penetração, difusão simples e difusão facilitada, tornando a aplicação foliar uma técnica versátil no manejo nutricional das pastagens (MOCELLIN, 2004).

Juntamente dos benefícios nutricionais, o uso de fertilizantes foliares também pode vir a apresentar efeitos adicionais na produção. Chagas (2019) observou um efeito sinérgico no controle de plantas daninhas quando herbicidas foram aplicados em conjunto com fertilizantes foliares. Esse efeito favoreceu o manejo das plantas invasoras, proporcionando um controle mais eficiente.

2 OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi avaliar a combinação de fósforo e nitrogênio provenientes do Fosfato Monoamônico (MAP) e do fertilizante foliar ‘KP Plus’ que possui em sua composição majoritariamente fósforo e potássio, se complementavam de forma mais adequada para o estabelecimento da forrageira principal no pasto.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Capim-Mulato II: Origem, Características e Importância na Produção Pecuária

O capim-mulato II (*Urochloa* spp. cv. Mulato II), anteriormente conhecido como Convert HD 364, é um híbrido forrageiro desenvolvido pelo Projeto de Forragens Tropicais do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Esse híbrido é resultado do cruzamento entre *Urochloa brizantha* cv. Marandu, *Urochloa decumbens* cv. Basilisk e *Urochloa ruziziensis*, combinando características desejáveis para sistemas de produção pecuária (ARGEL et al., 2007).

O capim-mulato II tem crescimento semi-ereto, é perene e pode chegar a um metro de altura. Possui colmos cilíndricos, folhas lanceoladas de cor verde intensa e inflorescência do tipo panícula (tipo de estrutura da inflorescência) com 4 a 6 rácemos (divisões da estrutura de inflorescência em cachos) (ARGEL et al., 2007). Além de suas características morfológicas favoráveis, essa cultivar se destaca por sua ampla adaptabilidade às condições tropicais e subtropicais. Sua capacidade de desenvolvimento abrange desde regiões litorâneas até altitudes de 1.800 metros, sendo tolerante tanto a áreas com alta precipitação quanto a regiões com períodos secos de até seis meses, desde que a precipitação anual mínima seja de aproximadamente 700 mm (ARGEL et al., 2007; VALLE et al., 2009). Essa adaptabilidade faz com que o capim-mulato II seja uma alternativa promissora para diversas condições de solo e clima.

A produtividade dessa gramínea varia entre 10 e 27 toneladas de matéria seca por hectare ao ano, sendo que cerca de 20% dessa produção ocorre durante o período seco. O capim-mulato II apresentou resposta favorável à adubação, especialmente ao nitrogênio, em doses fracionadas entre 100 e 150 kg/ha. Seu valor nutricional é elevado, com teor de proteína bruta (PB) variando entre 8% e 16%, enquanto sua digestibilidade *in vitro* da matéria seca pode atingir entre 55% e

66% em ciclos de 25 a 30 dias (ARGEL et al., 2007).

Estudos adicionais reforçam esses resultados como registrado por Krinchev (2017) que encontrou teor de 9,69% de PB na forragem dessa cultivar, enquanto Almeida (2018) observou valores de 14,6% e 12,8% de PB em experimentos conduzidos com manejo em alturas de corte de 20 cm e 30 cm, respectivamente. A pesquisa de Almeida (2018) também revelou que a altura média do dossel de 20 cm proporcionou os melhores resultados em termos de produtividade e qualidade da forragem.

Além de seu alto valor nutricional, o capim-mulato II tem uma relação folha/colmo favorável, tornando-o uma forrageira de excelente qualidade. Comparado a outras cultivares, como o capim-Xaraés (*Urochloa brizantha* cv. Xaraés), essa cultivar apresenta vantagens no valor nutritivo e na digestibilidade, contribuindo para um melhor desempenho animal (EUCLIDES et al., 2008).

Outro fator que torna essa cultivar atraente para pecuaristas é sua resistência às cigarrinhas das pastagens (*Zulia entreriana*, *Deois flavopicta* e *Mahanarva fimbriolata*), pragas que podem comprometer significativamente a produtividade forrageira. Essa resistência antibiótica reduz a necessidade de controle químico e contribui para um manejo mais sustentável das pastagens. No entanto, o capim-mulato II apresenta suscetibilidade moderada a doenças fúngicas foliares, o que pode impactar sua produtividade em condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento de fitopatógenos (VALLE et al., 2009).

Para maximizar sua longevidade e produtividade, é essencial adotar práticas de manejo adequadas. O capim-mulato II responde positivamente ao manejo do pastejo, especialmente quando submetido a um regime de corte controlado, favorecendo a rebrota e prolongando a vida útil da pastagem. Além disso, essa gramínea demonstra tolerância a solos de baixa fertilidade e a ambientes ácidos, sendo uma alternativa viável para áreas com drenagem deficiente, desde que não ocorram períodos prolongados de saturação do solo (JANK et al., 2014).

A trajetória comercial do capim-mulato II começou em 2000, quando seus direitos foram cedidos à empresa mexicana Semillas Papalotla S.A. de C.V., resultando no seu lançamento comercial em 2005. No Brasil, a cultivar foi inicialmente introduzida sob o nome Convert HD 364® pela Dow AgroSciences em 2009. Em 2018, a empresa Barenbrug do Brasil assumiu sua comercialização, restabelecendo o nome original Mulato II, fruto de um acordo estratégico entre a Dow AgroSciences e a The Royal Barenbrug Group desde 2012 (AGROLINK, 2014; ALMEIDA, 2018).

A crescente adoção do capim-mulato II na pecuária brasileira reflete seu potencial

produtivo e nutricional. Sua ampla adaptação a diferentes regiões, aliada à resistência a pragas e ao alto valor nutricional, tem incentivado seu uso em sistemas de pastejo rotacionado e estratégias de intensificação da produção pecuária em diversas regiões do Brasil e da América Latina (JANK et al. 2014; SOARES et al., 2020).

3.2 O Fósforo: Importância para as Pastagens e a Produção Animal

A deficiência de fósforo nos solos brasileiros é um dos principais desafios para a produtividade agrícola e forrageira. A maioria dos solos tropicais, especialmente aqueles muito intemperizados, apresenta baixos teores de fósforo disponível devido à forte fixação desse nutriente por óxidos de ferro e alumínio presentes no solo (RAIJ, 2011). Como consequência, a adubação fosfatada torna-se uma prática indispensável para garantir o suprimento adequado desse nutriente essencial ao crescimento das plantas forrageiras (NASCIMENTO et al., 2005).

No metabolismo vegetal, o fósforo desempenha um papel crucial, sendo um dos principais componentes que participa da divisão celular, crescimento radicular e perfilhamento das gramíneas forrageiras (SANTOS et al., 2002). Sua atuação é especialmente relevante nos estágios iniciais de crescimento, quando a planta precisa estabelecer um sistema radicular eficiente para absorver água e nutrientes do solo. Além disso, a disponibilidade adequada desse nutriente favorece o perfilhamento, fator determinante na densidade e longevidade do pasto (MOREIRA et al., 2020).

Com o avanço no ciclo da planta, a necessidade de fósforo tende a diminuir, tornando sua aplicação mais eficiente nos estágios iniciais da formação da pastagem (SANTOS et al., 2002). Esse fato foi evidenciado por PORTO et al. (2012) que, ao realizarem experimentos em solos da região semiárida de Minas Gerais, observaram um aumento de até 24% na produção de matéria seca com a aplicação de 150 kg/ha de P_2O_5 , em comparação com áreas sem adubação fosfatada. Além do incremento na produção, a fertilização com fósforo resultou em uma melhor relação folha/haste e em maiores teores de proteína bruta na forragem, melhorando a qualidade nutricional do pasto.

Outro aspecto fundamental do fósforo está relacionado à resistência das plantas ao estresse hídrico e à capacidade de rebrota. O fornecimento adequado desse nutriente auxilia na recuperação das pastagens após períodos de pastejo intenso ou déficit hídrico, garantindo maior persistência e longevidade das gramíneas tropicais (KUWAHARA et al., 2016).

Além de sua importância para as plantas, o fósforo é um mineral essencial para os animais,

sendo o segundo mais abundante no organismo, depois apenas do cálcio. Aproximadamente 80% desse elemento encontra-se nos ossos e dentes, enquanto os 20% restantes estão distribuídos nos tecidos e fluidos corporais (LOPES, 1998). Esse nutriente é indispensável para diversos processos fisiológicos, incluindo a síntese de ATP (adenosina trifosfato), metabolismo de carboidratos, transporte de ácidos graxos e manutenção da homeostase ácido-base (VAN SOEST, 1994).

Entre as diversas fontes disponíveis, o fosfato monoamônico (MAP) destaca-se pelo seu alto teor de fósforo solúvel e pela presença de nitrogênio na forma de amônio (NH_4^+), que contribui para o desenvolvimento inicial das pastagens (SOUZA et al., 2019).

Ao compreender a dinâmica do fósforo no solo, suas interações com as plantas forrageiras e seus impactos na nutrição animal, torna-se possível adotar práticas mais eficientes de manejo. Essas estratégias não apenas reduzem os custos com fertilizantes e suplementação mineral, como também promovem maior produtividade e sustentabilidade nos sistemas de produção baseados em pastagens.

3.3 O Potássio: Importância para as Pastagens e a Produção Animal

O potássio (K) é um macronutriente essencial tanto para as plantas quanto para os animais, desempenhando um papel fundamental na regulação de processos fisiológicos e metabólicos. Nos animais, é o terceiro mineral mais abundante no organismo, atrás apenas do cálcio e do fósforo, sendo encontrado principalmente no meio intracelular, onde atua na regulação do equilíbrio osmótico, do balanço hídrico e do equilíbrio ácido-base (LOPES, 1998). Esse nutriente é vital para o funcionamento das contrações musculares, da transmissão de impulsos nervosos e da ativação enzimática, além de desempenhar um papel essencial na atividade das bactérias ruminantes celulolíticas, que atuam na degradação da fibra vegetal dentro do rúmen (SOUZA, 1981).

Nas plantas, o potássio tem um papel crucial na fotossíntese, respiração, ativação enzimática e regulação da pressão osmótica, sendo fundamental para o crescimento e desenvolvimento das gramíneas forrageiras (TAIZ et al., 2015). A regulação osmótica controlada pelo potássio influencia diretamente a absorção de água, a pressão de turgor celular e a eficiência do uso da água pela planta, o que é essencial para a resistência à seca e ao estresse hídrico (MARSCHNER, 2012).

Além disso, o potássio não faz parte da estrutura de compostos orgânicos na planta,

como nitrogênio e fósforo, mas é essencial para a ativação de mais de 60 enzimas, regulando processos como síntese de proteínas, transporte de foto assimilados e crescimento celular (PRADO, 2008). Estudos indicam que o potássio contribui para o incremento da produção de biomassa, melhoria na resistência a doenças e maior tolerância a estresses ambientais, tornando-se indispensável para a sustentabilidade das pastagens tropicais (MOREIRA et al., 2020).

A deficiência de potássio nas gramíneas forrageiras pode causar redução no crescimento, menor produção de massa seca, clorose marginal nas folhas, menor eficiência fotossintética e queda na resistência ao estresse hídrico e a pragas (GLÓRIA, 1994; SOUZA et al., 2019).

3.3 a- Disponibilidade de Potássio nos Solos e a Necessidade de Adubação

Os solos brasileiros, de modo geral, são pobres em potássio, devido à intensa intemperização e à lixiviação deste nutriente, especialmente em regiões tropicais de alta pluviosidade. Nascimento e Loureiro (2004) destacam que, juntamente com o fósforo, o potássio é um dos nutrientes mais deficientes nos solos do Brasil, sendo um dos principais fatores limitantes para a produtividade forrageira.

De acordo com Ribeiro et al. (1999), a demanda de potássio nas pastagens depende do nível tecnológico adotado no manejo. Em sistemas de produção extensiva com baixa adubação, a ciclagem natural do nutriente pode atender parcialmente às exigências das plantas. No entanto, à medida que se intensifica a produção, principalmente com adubações nitrogenadas e altas taxas de lotação animal, a necessidade de reposição de potássio torna-se imprescindível para evitar a degradação da pastagem (COSTA et al., 2010).

Estudos realizados por Costa et al. (2010) em forrageiras do gênero *Urochloa brizantha* demonstraram que o aumento da adubação nitrogenada intensifica a extração de potássio do solo, pois a maior produção de biomassa leva a um maior consumo do nutriente. Os pesquisadores observaram que a aplicação de nitrogênio resultou em um aumento de até 36% na extração de potássio do solo pelas plantas forrageiras, evidenciando a necessidade de reposição do nutriente para manter a produtividade da pastagem.

Além disso, práticas como fenação, produção de silagem e manejo intensivo com altas taxas de pastejo removem grande quantidade de potássio da área, interrompendo sua ciclagem natural. Dessa forma, para manter a sustentabilidade da produção forrageira, é fundamental a

reposição do potássio por meio da adubação adequada (GLÓRIA, 1994).

O manejo eficiente da adubação potássica depende de fatores como teor inicial de potássio no solo, exigência da espécie forrageira e intensidade do manejo da pastagem. A adubação com fontes de potássio, como cloreto de potássio (KCl), sulfato de potássio (K_2SO_4) e nitrato de potássio (KNO_3), deve ser realizada de forma equilibrada para evitar perdas por lixiviação e desbalanço nutricional na pastagem (RAIJ, 2011).

O parcelamento da adubação ao longo do ciclo da pastagem pode melhorar a eficiência da absorção do potássio, reduzindo perdas e otimizando o aproveitamento do nutriente pelas gramíneas forrageiras (PRADO, 2008). Além disso, a interação entre potássio e nitrogênio deve ser cuidadosamente manejada, uma vez que o aumento da adubação nitrogenada eleva a demanda por potássio, tornando essencial sua reposição para evitar deficiências nutricionais (COSTA et al., 2010).

3.4 Adubação Foliar: Técnica Complementar na Nutrição Vegetal

A adubação foliar é uma técnica complementar de nutrição vegetal, amplamente utilizada para fornecer nutrientes diretamente às folhas das plantas. Embora não substitua a adubação via solo, essa prática pode ser extremamente eficaz em momentos críticos de crescimento, quando a absorção radicular é limitada ou quando há necessidade de correção rápida de deficiências nutricionais (NACHTIGALL; NAVA, 2010). O método tem ganhado popularidade especialmente em situações em que as condições do solo não favorecem a absorção eficiente de nutrientes, sendo uma alternativa para garantir o desenvolvimento saudável das plantas.

A absorção de nutrientes pelas folhas ocorre por dois mecanismos principais: absorção passiva e absorção ativa. Na fase passiva, os nutrientes atravessam a cutícula foliar e a parede celular, movendo-se pelos espaços intercelulares até alcançarem a membrana plasmática das células da epiderme. Esse processo é favorecido por fatores como umidade relativa do ar elevada e temperatura moderada, que aumentam a permeabilidade da cutícula (ROSOLEM, 2002). Já na fase ativa, o nutriente entra na célula, atravessa a membrana plasmática e se acumula no vacúolo celular ou é transportado para outras partes da planta via floema (ROSOLEM, 2002). Além desses dois processos principais, a planta também pode absorver nutrientes através dos estômatos, especialmente quando estão abertos devido à transpiração. Esse mecanismo cria uma pressão negativa que facilita a entrada de íons e moléculas,

otimizando a absorção foliar (MOCELLIN, 2004).

A adubação foliar apresenta diversas vantagens quando integrada a um programa de nutrição vegetal adequado. Ela fornece nutrientes de forma imediata, ideal para corrigir deficiências nutricionais pontuais ou suprir demandas específicas durante estágios críticos de crescimento (MARCHI et al., 2017). Além disso, evita perdas por lixiviação e fixação no solo, o que pode ocorrer com nutrientes como nitrogênio e potássio, que são suscetíveis a esses processos no solo. O fósforo, por exemplo, pode se tornar indisponível por reações com ferro e alumínio no solo, mas a aplicação foliar garante maior eficiência de aproveitamento (ROSOLEM et al., 2012).

Outra vantagem importante é que a adubação foliar complementa a adubação via solo, melhorando a absorção radicular. Alguns nutrientes aplicados nas folhas podem estimular a atividade metabólica das raízes, aumentando a captação de minerais do solo, o que contribui para a saúde geral da planta (MOCELLIN, 2004). Isso resulta em um crescimento mais saudável e na otimização da produtividade agrícola.

A aplicação foliar de fósforo e potássio tem se mostrado uma alternativa interessante para otimizar a produtividade de pastagens, especialmente em solos tropicais, onde há forte fixação de fósforo e baixa disponibilidade de potássio (MOREIRA et al., 2020). No caso do fósforo, estudos indicam que a aplicação foliar pode melhorar a eficiência fotossintética das gramíneas forrageiras, favorecer o perfilhamento e a formação do sistema radicular, além de acelerar a recuperação de pastagens degradadas (MARCHI et al., 2017). Já o potássio aplicado via foliar pode aumentar a resistência das plantas ao estresse hídrico e térmico, além de melhorar a qualidade nutricional da forragem, o que impacta positivamente no desempenho animal (SOUZA et al., 2019).

A eficácia da adubação foliar depende de vários fatores que devem ser considerados durante a aplicação. As características da folha são um dos principais fatores: folhas jovens e ativamente metabólicas absorvem nutrientes mais rapidamente do que folhas mais velhas e cerasas (TAIZ et al., 2015). O horário da aplicação também é crucial, sendo recomendada a realização da adubação no início da manhã ou no final da tarde, quando há maior umidade e menor risco de evaporação da solução nutritiva (MOCELLIN, 2004).

Além disso, a concentração da solução é um fator determinante. Concentrações excessivas de fertilizante podem causar fitotoxicidade, enquanto concentrações muito baixas podem ser ineficazes.

A adubação foliar, quando aplicada de maneira adequada e complementando a adubação via solo, tem grande potencial para otimizar o crescimento das pastagens e melhorar

a produtividade da forragem. A aplicação de nutrientes diretamente nas folhas pode corrigir deficiências pontuais e garantir o fornecimento imediato de elementos essenciais, principalmente em condições de solo que limitam a absorção radicular. A literatura de Marchi et al. (2017) e Moreira et al. (2020) mostra que a técnica é particularmente eficaz em solos tropicais e para a recuperação de pastagens degradadas. Contudo, sua eficiência depende de diversos fatores, como o tipo de planta, condições climáticas e a formulação do fertilizante.

3.5 O Herbicida: Composto Fundamental no Controle de Plantas Daninhas

Os herbicidas são compostos químicos ou agentes biológicos utilizados para controlar plantas daninhas, seja por inibição do crescimento, supressão ou erradicação completa (ROMAN et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2011). Na agricultura moderna, especialmente na formação e manutenção de pastagens, como no caso do capim Mulato II (*Urochloa* spp. cv. Mulato II), os herbicidas desempenham um papel crucial ao evitar a competição das plantas daninhas com a cultura principal por nutrientes, água e luz. Essa aplicação estratégica é fundamental para otimizar a produtividade das pastagens e melhorar o desempenho do sistema agrícola.

Esse princípio ocorre devido à capacidade dos herbicidas de interagir com enzimas ou proteínas-alvo específicas nas plantas daninhas. Ao inibir processos metabólicos essenciais, os herbicidas causam a morte celular das plantas indesejadas (ROMAN et al., 2007; CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2003). Essa seletividade é fundamental para o sucesso da aplicação, pois minimiza os danos à flora benéfica e melhora a eficiência no controle das plantas invasoras.

Os herbicidas podem ser classificados de acordo com seu mecanismo de ação, que se refere ao processo bioquímico afetado pelo composto. Entre os principais modos de ação, destacam-se os inibidores da fotossíntese, como os herbicidas triazínicos (ex.: atrazina), que bloqueiam o transporte de elétrons durante o processo fotossintético, levando ao colapso energético das plantas daninhas (OLIVEIRA et al., 2011). Outro exemplo são os inibidores da síntese de aminoácidos, como os herbicidas que inibem a EPSP's (ex.: glifosato), impedindo a produção de aminoácidos essenciais para o crescimento vegetal (DUKE & POWLES, 2008). Também há os inibidores da divisão celular, como as dinitroanilinas (ex.: trifluralina), que afetam a formação do fuso mitótico, impedindo o crescimento das raízes das plantas daninhas (SENSEMAN, 2007). Esses diferentes mecanismos permitem a atuação dos herbicidas de

maneira específica, garantindo que o controle de plantas daninhas seja eficiente, sem prejudicar a cultura desejada.

Além do mecanismo de ação, os herbicidas também podem ser classificados quanto à seletividade e ao local de ação. Herbicidas seletivos são formulados para atingir apenas plantas específicas, protegendo a cultura principal. Por outro lado, os herbicidas não seletivos eliminam praticamente toda a vegetação com a qual entram em contato. Além disso, os herbicidas podem ser classificados como pré-emergentes, atuando no solo antes da germinação das plantas daninhas, ou pós-emergentes, aplicados diretamente sobre as plantas já desenvolvidas, para eliminar plantas daninhas que já estão em crescimento (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2003).

A escolha do herbicida adequado para a formação de pastagens depende de vários fatores, como a composição da flora infestante, o tipo de solo e a interação com outros insumos agrícolas, como fertilizantes. Estudos recentes demonstram que a aplicação combinada de herbicidas e fertilizantes pode melhorar a eficiência do controle das plantas daninhas e a resposta da cultura (GALON et al., 2018). Assim, é fundamental realizar uma análise cuidadosa das condições do ambiente e das necessidades específicas da pastagem para otimizar o uso de herbicidas.

3.6 A Interação entre o Uso em Conjunto do Adubo Foliar e o Herbicida

O uso combinado de herbicidas e fertilizantes foliares na formação e manutenção de pastagens tem sido uma estratégia adotada para maximizar a eficiência do controle de plantas daninhas e minimizar o impacto fitotóxico sobre as gramíneas forrageiras. Essa abordagem baseia-se em dois mecanismos principais: a facilitação da absorção do herbicida pela planta infestante e a redução do estresse fisiológico da gramínea forrageira pela ação do fertilizante foliar (ROSOLEM, 2012; MARCHI et al., 2017).

A eficácia de um herbicida está diretamente relacionada à sua absorção, translocação e metabolismo na planta-alvo. Quando aplicado em conjunto com um adubo foliar, diversos fatores podem contribuir para o aumento da absorção e da eficiência do herbicida. A cutícula das folhas das plantas daninhas representa uma barreira natural à absorção, e o fertilizante foliar pode modificar essa estrutura, promovendo sua hidratação e reduzindo sua resistência à penetração, facilitando a entrada do herbicida (FERREIRA et al., 2014). Além disso, nutrientes aplicados via foliar estimulam o metabolismo vegetal, promovendo a movimentação de

fotoassimilados e aumentando o fluxo de seiva, o que pode favorecer o transporte do herbicida para os tecidos internos da planta daninha, acelerando seu efeito letal (SIEBENMORGGEN et al., 2018).

Dependendo da formulação, os componentes do adubo foliar podem atuar como adjuvantes, reduzindo a tensão superficial da calda de pulverização e melhorando a deposição da solução na folha. Esse efeito contribui para prolongar o tempo de contato do herbicida com a superfície foliar, aumentando sua eficácia (RAZAVIA et al., 2021). Estudos indicam que a associação de fertilizantes foliares com herbicidas pode potencializar o efeito de controle sobre plantas infestantes, permitindo a redução da dose do herbicida necessária para alcançar o mesmo nível de eficácia. Essa redução minimiza impactos ambientais e custos de manejo, tornando o sistema de produção mais sustentável (ALVES et al., 2022).

No entanto, a presença do herbicida pode gerar fitotoxicidade nas gramíneas forrageiras, afetando seu crescimento, capacidade fotossintética e eficiência na absorção de água e nutrientes (MARCHI et al., 2017). Para mitigar esses efeitos, a aplicação de fertilizantes foliares pode atuar de diferentes maneiras. O fornecimento de macronutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), bem como de micronutrientes como zinco (Zn) e manganês (Mn), auxilia na recuperação das gramíneas forrageiras após a exposição ao herbicida, favorecendo a rebrota e o desenvolvimento radicular (SILVA et al., 2019).

Além do suporte nutricional, alguns nutrientes têm ação antioxidante e auxiliam no reparo celular. Elementos como magnésio (Mg), manganês (Mn) e boro (B) participam diretamente da síntese de compostos antioxidantes que reduzem o estresse oxidativo induzido pelo herbicida. Esse efeito protege as células vegetais contra danos estruturais e ajuda a manter a taxa fotossintética da planta (ALVES et al., 2022). Outro fator relevante é a estimulação da atividade metabólica: a aplicação de fertilizantes foliares pode ativar enzimas responsáveis pelo metabolismo secundário das plantas, acelerando a degradação e a excreção do herbicida nas gramíneas forrageiras. Isso reduz seu efeito residual negativo e melhora a recuperação da pastagem após a aplicação do produto (RAZAVIA et al., 2021).

Em um estudo realizado por SILVA et al. (2019), foi observado que a aplicação de fertilizante foliar contendo zinco e manganês em conjunto com herbicida reduziu em até 35% os sintomas de fitotoxicidade em pastagens de *Urochloa brizantha* após a aplicação de herbicidas pós-emergentes. Esse efeito garantiu uma recuperação mais rápida da planta e uma maior taxa de rebrota, assegurando a produtividade da pastagem.

O uso conjunto de fertilizantes foliares e herbicidas pode otimizar o manejo de plantas daninhas em pastagens, trazendo diversos benefícios. Entre eles, destaca-se a redução da dose

de herbicidas necessária, o que minimiza os custos de produção e os impactos ambientais (SIEBENMORGEN et al., 2018). Além disso, essa estratégia contribui para um melhor desempenho das gramíneas forrageiras, aumentando sua produtividade e melhorando o valor nutritivo da forragem (FERREIRA et al., 2014). Outro ponto relevante é a redução do tempo de recuperação da pastagem, garantindo maior persistência do pasto e maior eficiência alimentar para os animais (SILVA et al., 2019).

Contudo, é fundamental que a escolha dos fertilizantes foliares e herbicidas seja realizada com base em testes de compatibilidade e recomendações técnicas. A interação entre os produtos pode resultar em efeitos adversos caso não sejam observadas as devidas precauções (MARCHI et al., 2017). Dessa forma, a associação entre herbicidas e adubação foliar representa uma estratégia promissora para o manejo sustentável de pastagens, promovendo maior eficiência no controle de plantas infestantes e melhor desempenho das forrageiras.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Capim Branco. Esta área pertence à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia, Minas Gerais. Está localizada nas coordenadas geográficas de 18° 53' 17.8" S de latitude sul e 48° 20' 34.1" O de longitude oeste de Greenwich, com altitude de 863 metros. A região de Uberlândia, segundo a classificação de Köppen (1948), possui um clima do tipo Aw, tropical de savana com estação seca de inverno. A temperatura média anual é de 22,3°C com precipitação média anual de 1.584 mm.

Tabela 1 - Características químicas e granulométricas da área do solo coletado na Fazenda Capim Branco em Uberlândia-MG, na camada de 0 a 20 cm de profundidade.

pH água	Si*	Mat. Org.	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	m	V
	mg/kg ⁻¹	dag/kg ⁻¹	mg/dm ⁻³	cmolc/dm ⁻³								%	%
5,6	6,2	2,3	4,9	103	4,0	1,4	0,1	1,90	5,66	5,76	7,56	2	75
Argila (g/kg ⁻¹)				Silte (g/kg ⁻¹)				Areia (g/kg ⁻¹)					
580				295				125					

Extratores: pH em água, Si extraído por Cloreto de Cálcio, K e P-assimilável por Mehlich-1, teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ trocáveis extraídos por KCl; acidez potencial por Acetato de Cálcio; matéria orgânica total (MOS) por titulometria, segundo metodologia da EMBRAPA (2009).

Na tabela 1 são apresentadas as características químicas e granulométricas do solo na área de condução do experimento, onde foi observado com base no livro de Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5^a Aproximação (1999), que os níveis de pH em água, Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), CTC efetiva (t), Soma de Bases (SB) e Saturação de Bases (V) se encontram na classificação de boa fertilidade. Os níveis de Matéria Orgânica (M.O.) e CTC em pH 7 (T) presentes no solo se encontram classificados como média fertilidade. E os níveis de Fósforo (P), Acidez potencial (H +Al), Acidez trocável (Al) e Saturação por alumínio (m) se encontram classificados como baixo, baixo, muito baixo e muito baixo respectivamente.

A implantação (em janeiro de 2020) da forrageira *Urochloa spp.* cv. Mulatto II ocorreu uniformemente em toda a área destinada ao experimento, o plantio foi realizado utilizando plantadeira com espaçamento entre linhas de 25cm e taxa de semeadura de 11 kg/ha , não foi precedida de correção de fertilidade e nem de pH, devido os teores químicos indicados pela análise de solo se mostrarem favoráveis para a condução do experimento, possuindo valores satisfatórios de pH, acidez ativa e potencial, soma de bases, saturação de bases, e os níveis de Fósforo e Potássio se mostrarem favoráveis ao estudo, de modo que o solo possui um baixo teor de Fósforo presente no solo, teor este que proporciona a área apta para testar o objetivo do presente estudo, e um teor de Potássio classificado como bom, porém, devido ser um solo de região de cerrado e toda massa produzida nas parcelas vir a ser retirada após cada avaliação eliminando a possibilidade de reciclagem deste nutriente, o mesmo pode ser facilmente lixiviado e/ou esgotado do solo devido sua extração no crescimento das plantas sem a possibilidade de reciclagem do mesmo na área pela massa produzida.

A área do experimento foi dividida em 36 parcelas, cada uma possuindo 16m² (4m X 4m). Os tratamentos foram compostos de esquema fatorial 3x3, sendo o primeiro fator constituído por 3 doses de Fosfato Monoamônico (MAP) 0, 50 e 100 quilos/hectare. O segundo fator por 3 doses do fertilizante foliar ‘KP Plus’ 0, 0,5 e 1 quilos/hectare. O experimento foi realizado utilizando o delineamento de blocos casualizados com 4 repetições. O Fosfato Monoamônico (MAP) foi aplicado no momento do plantio da forrageira e o fertilizante foliar ‘KP Plus’ foi aplicado quando a média da altura das plantas da área do experimento atingiu 25 centímetros.

Tabela 2 - Identificação dos tratamentos.

Descrição dos tratamentos (Composição)		
Tratamentos	MAP (kg/ha ⁻¹)	KP PLUS (kg/ha ⁻¹)
T1	0	0
T2	0	0,5
T3	0	1
T4	50	0
T5	50	0,5
T6	50	1
T7	100	0
T8	100	0,5
T9	100	1

Os fertilizantes que foram utilizados possuem em sua composição os seguintes níveis de garantia, 52% de fósforo (P₂O₅) e 11% de nitrogênio (N) no fertilizante MAP (Fosfato Monoamônico); e 1% de nitrogênio (N), 50% de fósforo (P₂O₅) e 33% de potássio (K₂O) no fertilizante foliar de marca registrada KP PLUS.

De modo que nas doses de 0; 50 e 100 kg/ha⁻¹ do fertilizante MAP se encontra as concentrações de 0 kg/ha⁻¹ de N e 0 kg/ha⁻¹ de P₂O₅; 5,5 kg/ha⁻¹ de N e 26 kg/ha⁻¹ de P₂O₅; e 11 kg/ha⁻¹ de N e 52 kg/ha⁻¹ P₂O₅, respectivamente. As doses de 0; 0,5 e 1 kg/ha⁻¹ do fertilizante foliar KP Plus se encontra as concentrações de 0 kg/ha⁻¹ de N, 0 kg/ha⁻¹ de P₂O₅ e 0 kg/ha⁻¹ de K₂O; 0,005 kg/ha⁻¹ de N, 0,250 kg/ha⁻¹ de P₂O₅ e 0,165 kg/ha⁻¹ de K₂O; e 0,01 kg/ha⁻¹ de N, 0,5 kg/ha⁻¹ de P₂O₅ e 0,33 kg/ha⁻¹ de K₂O, respectivamente.

Para o controle das plantas infestantes, monocotiledôneas e dicotiledôneas, foi utilizado o herbicida Emazetaphyr para o controle das monocotiledôneas e o herbicida 2,4D no controle das dicotiledôneas, nas dosagens de 0,5 e 1 litro/hectare, respectivamente, aplicadas juntamente com a adubação foliar em todas as parcelas nesta dosagem, variando apenas as doses de fertilizante foliar pertencente a cada tratamento.

Após 60 dias da implantação do experimento (março de 2020), com o objetivo de simular o tempo de espera para a entrada dos animais nestas áreas de pastagem, iniciaram-se as avaliações.

Foram avaliadas a produção de forragem por área, matéria seca e composição morfológica.

A segunda avaliação aconteceu depois de 142 dias da implantação do experimento (maio de 2020), coincidindo com o final do período de chuvas no experimento.

A terceira avaliação aconteceu imediatamente quando ocorreu a primeira chuva após o período seco na área do experimento, 277 dias após a implantação do experimento (outubro de 2020). Nesta avaliou-se a forragem acumulada no período seco, como resultado dos efeitos dos tratamentos durante o período seco.

A quarta e última avaliação aconteceu após passados 60 dias do reinício das chuvas na área experimental, ocorrendo 327 dias após a implantação do experimento (dezembro de 2020), onde foi avaliado a produção da planta forrageira no seu segundo período de chuvas.

Após cada avaliação, as plantas das parcelas foram rebaixadas até a altura de 10 centímetros acima do solo utilizando uma roçadeira costal e toda massa foi retirada da área para as avaliações subsequentes.

De maneira que a segunda e a quarta avaliação não mostrou diferenças significativas à primeira avaliação, estas foram utilizadas apenas como manejo de rebaixamento e retirada da massa produzida pelas parcelas para marcar o início de outro período avaliativo, separando o comportamento das plantas no período de chuvas e no período seco.

Produção de forragem por área

A avaliação de produção de forragem por área foi realizada utilizando um quadro de 0,50 metro por 1 metro onde toda a massa presente dentro da área deste quadro de amostragem da altura de 15 centímetros acima do solo foi cortada e pesada, foi executado quatro repetições por parcela com sua localização dentro da parcela sendo escolhida de forma aleatória, com isto obtivemos o conhecimento da produção de forragem em uma área de 2 metros quadrados. Após foi estimada a produção média por metro quadrado, extrapolando a produção por hectare (PENATI et al., 2005).

Massa seca

A avaliação da massa seca ocorreu a partir da massa coletada no momento da avaliação de produção de forragem por área, onde foi retirada uma amostra de cada repetição para se realizar a secagem em uma estufa a 55 °C por 3 dias e assim obter o dado de matéria seca (BUENO et al., 2017).

Composição morfológica das plantas

A avaliação da composição morfológica das plantas foi realizada também a partir da massa coletada no momento da avaliação de produção de forragem por área, sendo retirada uma amostra por parcela após a conclusão da avaliação de produção, para realizar a separação morfológica em laboratório, separando a amostra em folha, colmo e material morto, e depois

secando separadamente as divisões morfológicas da amostra em estufa a 60 °C pelo período de 3 dias, obtendo assim o dado da porcentagem de cada divisão morfológica da planta presente na área e consequentemente o dado da relação folha:colmo (BARBERO, L. M., et al., 2009).

Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) em esquema fatorial 3×3 , correspondendo a três doses de fosfato monoamônico (MAP) (0, 50 e 100 kg/ha⁻¹) e três doses do fertilizante foliar KP Plus (0, 0,5 e 1 kg/ha⁻¹), em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. A verificação da normalidade dos resíduos foi realizada pelo teste de Shapiro-Wilk, adotando-se nível de significância de 5%, o qual indicou distribuição normal para todas as variáveis analisadas ($p > 0,05$). Dessa forma, não foi necessário realizar transformações nos dados.

A comparação entre as médias foi realizada pelo teste de Tukey, ao nível de 10% de significância. As análises estatísticas foram conduzidas com o auxílio do software R, na sua versão 2023.09.0 Build 463. Sendo adotado o valor de 10% de significância devido ser um experimento realizado em campo, possuindo um grande coeficiente de variação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro corte da pastagem de *Urochloa spp.* cv. Mulato II, a maior produção de massa seca foi observada na combinação de 1 kg/ha⁻¹ de KP Plus com 0 kg/ha⁻¹ de MAP, alcançando 57.565 kg/ha⁻¹ e destacando-se estatisticamente das demais combinações (Tabela 3). Essa maior produtividade com o fertilizante foliar isolado sugere que ele pode promover um estímulo inicial ao crescimento da forrageira, mesmo na ausência de fertilizante fosfatado via solo. O mecanismo pode estar relacionado à capacidade dos nutrientes presentes no fertilizante foliar aumentar a atividade enzimática, melhorar o desenvolvimento radicular e otimizar a absorção de nutrientes já disponíveis no solo (MOURA et al., 2025).

Silva et al. (2018), observou que solos com elevado teor de matéria orgânica possuem maior capacidade de mineralização, liberando nitrogênio suficiente para as necessidades iniciais da pastagem. Assim, podendo justificar a ausência de resposta significativa ao MAP, potencializada pelo efeito do fertilizante foliar KP Plus.

Em contrapartida, as doses intermediárias de MAP (50 e 100 kg/ha⁻¹) não promoveram aumento significativo na produção quando combinadas com doses elevadas de KP Plus, sugerindo possível antagonismo ou efeito de excesso nutricional, que pode levar a

desequilíbrios fisiológicos na planta e redução da eficiência do crescimento (Rodrigues et al., 2017).

Tabela 3 – Massa seca (média em quilos por hectare) no primeiro corte em pastagem de *Urochloa spp.* cv. mulato 2, provenientes de três doses de MAP em função de três doses do fertilizante foliar KP PLUS. Uberlândia-MG, março de 2020.

Dose MAP (kg/ha ⁻¹)	Doses de KP PLUS (kg/ha ⁻¹)			Produção média (kg/ha ⁻¹)
	0	0,5	1	
0	34.995 Ab	41.816 Ab	57.565 Aa	44.792
50	35.432 Aa	42.737 Aa	36.401 Ba	38.190
100	36.549 Aa	39.970 Aa	48.283 ABa	41.601
Média	35.659	41.508	47.416	

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas na linha, divergem pelo teste de Tukey a 10% de significância.

Ao analisar a proporção folha:colmo no primeiro corte, a maior proporção foi observada com 0,5 kg/ha⁻¹ de KP Plus e 0 kg/ha⁻¹ de MAP (3,14), enquanto a menor proporção ocorreu com 1 kg/ha⁻¹ de KP Plus e 0 kg/ha⁻¹ de MAP (1,53) (Tabela 4). Essa diferença pode ser explicada pela eficácia da dose de 0,5 kg/ha⁻¹ de KP Plus, que parece ter promovido um desenvolvimento equilibrado entre folhas e colmos, ou possivelmente pela melhor absorção dos constituintes do fertilizante foliar nessa dosagem. A dose mais elevada pode ter estimulado o crescimento do colmo em detrimento das folhas, ou alterado o balanço hormonal da planta, influenciando a morfologia.

Nas doses de 50 e 100 kg/ha⁻¹ de MAP, a proporção folha:colmo não apresentou diferenças significativas entre as doses de KP Plus, variando de 1,45 a 1,87 e de 1,54 a 1,67 respectivamente. Essas faixas sugerem que a dose de MAP foi suficiente para promover o crescimento dos colmos, com um efeito menor sobre o desenvolvimento foliar nesta idade.

Tabela 4 - Média da proporção Folha:Colmo (X:1) das plantas no primeiro corte em pastagem de *Urochloa spp.* cv. mulato 2, provenientes de três doses de MAP em função de três doses do fertilizante foliar KP PLUS. Uberlândia-MG, março de 2020.

Dose MAP (kg/ha ⁻¹)	Doses de KP PLUS (kg/ha ⁻¹)			Proporção média (X:1)
	0	0,5	1000	
0	1,59 Ab	3,14 Aa	1,53 Ab	2,09
50	1,45 Aa	1,87 Ba	1,86 Aa	1,73
100	1,67 Aa	1,54 Ba	1,64 Aa	1,62
Média	1,57	2,19	1,68	

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas diferentes na linha, divergem pelo teste de Tukey a 10% de significância.

A maior porcentagem de folhas foi observada com a aplicação de 0,5 kg/ha⁻¹ de KP PLUS e 0 kg/ha⁻¹ de MAP, com 75,66%, destacando-se significativamente das demais combinações para dose 0 kg/ha⁻¹ de MAP.

No entanto, quando foi fornecida a dose de 50 kg/ha⁻¹ de MAP, a maior porcentagem de folhas foi observada com 1 kg/ha⁻¹ de KP PLUS (64,80%), indicando a resposta dos constituintes do KP PLUS. Apesar da dose de 0,5 kg/ha⁻¹ de KP PLUS ter proporcionado 61,75%, cabe ressaltar que as duas doses não diferiram estatisticamente entre si. Na dose de 100 kg/ha⁻¹ de MAP, também não houve diferença significativa entre as doses de KP PLUS, com porcentagens variando entre 56,08% e 61,96% (Tabela 5).

Quando analisamos as médias gerais, a maior média de porcentagem de folhas foi observada com 0,5 kg/ha⁻¹ de KP PLUS (64,50%), seguida de 1 kg/ha⁻¹ de KP PLUS (61,40%) e 0 kg/ha⁻¹ de KP PLUS (59,47%) (Tabela 5). A presença do MAP pode ter reduzido a proporção foliar devido à maior disponibilidade de nitrogênio, que favorece o crescimento dos colmos, já que a matéria orgânica do solo poderia ter suprido boa parte da demanda nutricional inicial, tornando o excesso de fertilização menos benéfico para o desenvolvimento foliar (GOMIDE; GOMIDE, 2001).

Tabela 5 - Média da porcentagem de folhas (kg/ha^{-1}) das plantas no primeiro corte em pastagem de *Urochloa spp.* cv. mulato 2, provenientes de três doses de MAP em função de três doses do fertilizante foliar KP PLUS. Uberlândia-MG, março de 2020.

Dose MAP (kg/ha^{-1})	Doses de KP PLUS (kg/ha^{-1})			Porcentagem média (%)
	0	0,5	1000	
0	59,38% Ab	75,66% Aa	60,08% Ab	65,04
50	57,06% Aa	61,75% Ba	64,80% Aa	61,20
100	61,96% Aa	56,08% Ba	59,33% Aa	59,12
Média	59,47%	64,50%	61,40%	

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas diferentes na linha, divergem pelo teste de Tukey a 10% de significância.

No terceiro corte (terceira avaliação), a maior proporção folha:colmo foi observada com a aplicação de $0,5 \text{ kg/ha}^{-1}$ de KP PLUS e 0 kg/ha^{-1} de MAP, com 2,775, destacando-se significativamente das demais combinações para dose 0 kg/ha^{-1} de MAP. A menor proporção foi registrada com 1 kg/ha^{-1} de KP PLUS e 100 kg/ha^{-1} de MAP, com 1,196, sendo inferior às outras combinações na mesma dose de MAP (Tabela 6). Tal resultado sugere um efeito prolongado do fertilizante foliar na manutenção de uma estrutura folhosa mais elevada, que é favorável para a qualidade da pastagem. As doses elevadas de MAP continuaram a promover proporções menores, reforçando a hipótese de que o excesso dos nutrientes testados pode causar alterações morfológicas desfavoráveis (OLIVEIRA et al., 2021)

Na dose de 50 kg/ha^{-1} de MAP, a maior proporção folha:colmo foi observada com 0 kg/ha^{-1} de KP PLUS (1,970), seguida de 1 kg/ha^{-1} de KP PLUS (1,946) na mesma dose 50 kg/ha^{-1} de MAP, não havendo diferença significativa entre as duas doses de KP PLUS. Para a dose de 100 kg/ha^{-1} de MAP, a maior proporção ocorreu com 0 kg/ha^{-1} de KP PLUS (2,048), mas não havendo diferença significativa entre as doses de KP PLUS (Tabela 6), o que evidencia a ação prolongada do fertilizante foliar no perfilhamento e manutenção da estrutura folhosa da pastagem. As demais combinações, especialmente aquelas com doses mais elevadas de MAP, apresentaram valores mais baixos, reforçando a hipótese de que o excesso de nutrientes presentes no solo pode alterar negativamente a morfologia da planta (OLIVEIRA et al., 2021).

Tabela 6 - Média da proporção Folha:Colmo (X:1) das plantas no terceiro corte em pastagem de *Urochloa spp.* cv. mulato 2, provenientes de três doses de MAP em função de três doses do fertilizante foliar KP PLUS. Uberlândia-MG, outubro de 2020.

Dose MAP (kg/ha ⁻¹)	Doses de KP PLUS (kg/ha ⁻¹)			Proporção média (X:1)
	0	0,5	1000	
0	1,194 Ab	2,775 Aa	1,861 Aab	1,943
50	1,970 Aa	1,256 Ba	1,946 Aa	1,724
100	2,048 Aa	1,753 ABa	1,196 Aa	1,666
Média	1,737	1,928	1,668	

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas diferentes na linha, divergem pelo teste de Tukey a 10% de significância.

A combinação das doses de fosfato monoamônico (MAP) e do fertilizante foliar KP Plus influenciou significativamente a formação inicial da pastagem de *Urochloa spp.* cv. Mulato II. A maior produção de massa seca no primeiro corte foi registrada no tratamento com 1 kg/ha⁻¹ de KP Plus e ausência de dose de MAP, indicando o efeito positivo do fertilizante foliar na produtividade da forrageira, mesmo sem a adubação fosfatada de base.

As características morfológicas, como proporção folha:colmo e porcentagem de folhas, também foram influenciadas pelas combinações dos tratamentos, com destaque para a aplicação de 0,5 kg/ha⁻¹ de KP Plus e ausência de dose de MAP, que proporcionou maior proporção de folhas e melhor estrutura da pastagem no primeiro corte. No terceiro corte, realizado aproximadamente seis meses após a implantação, os efeitos do fertilizante foliar ainda foram observados, refletindo sua contribuição na manutenção da estrutura da planta ao longo do tempo.

6 CONCLUSÕES

A aplicação do fertilizante foliar KP Plus, na dose de 0,5 kg/ha⁻¹, apresenta potencial para promover melhor estrutura foliar e maior produtividade da pastagem, podendo ser utilizada de forma complementar ou mesmo isolada da adubação com MAP no estabelecimento de *Urochloa spp.* cv. Mulato II.

7 REFERÊNCIAS

ABIEC. Beef Report Perfil da Pecuária no Brasil. 106 p., 2024. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2024-perfil-da-pecuaria-no-brasil/>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2025.

AGROLINK. Dow AgroSciences e The Royal Barenbrug Group investem em capacidade produtiva. 2014. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/dow-agrosciences-e-the-royal-barenbrug-group-investem-em-capacidade-produtiva_194607.html. Acesso em: 20 jul. 2024.

ALMEIDA, O. G. **Acúmulo, composição morfológica, e valor nutritivo da forragem do capim Convert HD 364 em resposta ao manejo do pastejo sob lotação contínua e rotativa.** 2018, 91 f. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, Piracicaba. ALVES, L. A. et al. Efeito da aplicação foliar de nutrientes na mitigação da fitotoxicidade de herbicidas em gramíneas forrageiras. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 21, p. 30-42, 2022.

ARGEL, M., PEDRO, J. et al. Cultivar Mulato II (Brachiaria Híbrida CIAT 36087): Gramínea de alta qualidade e produção forrageira, resistente às cigarrinhas e adaptadas a solos tropicais ácidos. **Centro Internacional de Agricultura tropical (CIAT)**, 2007. 22 p.

BARBERO, L. M., CECATO, U. et al. Produção de forragem e componentes morfológicos em pastagem de coastcross consorciada com amendoim forrageiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 506-513, 2009.

Bueno, A. V. I., Jobim, C. C. et al. Método de obtenção de matéria seca e composição química de volumosos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 18, 2017.

DE PINHO COSTA, K. A., DE OLIVEIRA, I. P. et al. Adubação nitrogenada e potássica em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 5, p. 1063-1071, 2010.

DE PINHO COSTA, K.A., DE OLIVEIRA, I. P et al. Extração de nutrientes pela fitomassa de cultivares de Brachiaria brizantha sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, v. 11, n. 2, p. 307-314, 2010.

DO NASCIMENTO, H. T. S, NASCIMENTO, M. et al. Teores de cálcio e fósforo nos solos e pastagens nativas do Meio-Norte brasileiro. Embrapa Meio-Norte, **Comunicado Técnico** 179, 4 p., 2005.

EUCLIDES, V. P. B., MACEDO, M. C. M., VALLE, C. B. D. et al. Valor nutritivo da forragem e produção animal em pastagens de Brachiaria brizantha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 98-106, 2009.

FERREIRA, L. C. et al. Bioestimulantes na produção de forragens tropicais: efeitos e perspectivas. **Journal of Agricultural Studies**, v. 9, n. 3, p. 14-30, 2022.

FERREIRA, L. R. et al. Interação entre herbicidas e fertilizantes foliares na cultura do milho. **Planta Daninha**, v. 32, p. 887-895, 2014.

GLÓRIA, N. A. Adubação potássica de pastagens. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J.C. de; FARIA, V.P. de. (Eds.) **Pastagens: Fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, p. 189-196, 1994.

GOMIDE, J. A.; GOMIDE, C. A. M. Utilização e manejo de pastagens. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 808-825, 2001.

JANK, L. et al. Cultivares de Brachiaria e Panicum para sistemas intensivos de produção. In: Simpósio de Produção Animal e Recursos Forrageiros, **Anais...** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, p. 109-123, 2014.

KROLOW, HOLZ, R. et al. Efeito do fósforo e do potássio sobre o desenvolvimento e a nodulação de três leguminosas anuais de estação fria. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 2224-2230, 2004.

KUWAHARA, F. A., SOUZA, G. M. et al. Fósforo como atenuador dos efeitos da deficiência hídrica no crescimento e capacidade fotossintética de gramíneas tropical C 4. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, p. 363-370, 2016.

LOPES, HENRIQUE O. S. **Suplementação de baixo custo para bovinos**. Embrapa, Serviço de Produção de Informação, 14 p., 1998.

LOPES, J. B. **Suplementação mineral na pecuária de corte**. Simpósio sobre Nutrição de Bovinos de Corte, p. 145-168, 1998.

MARCHI, G. et al. Efeito da adubação foliar na produtividade de gramíneas forrageiras tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. 120-135, 2017.

MCDOWELL, LEE RUSSELL. **Minerals in Animal and Human Nutrition**. 2nd ed. Elsevier, 1999.

MELLO, S. C. R. et al. Efeito da suplementação de fósforo sobre a digestibilidade e desempenho de bovinos de corte em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 50, p. 1-16, 2021.

MOCELLIN, S. P. RICARDO. **Princípios da adubação foliar: coletânea de dados e revisão bibliográfica**. Omega, Canoas. 83 p, 2004.

MOREIRA, L. M. et al. Fósforo na adubação e na nutrição de bovinos: impactos na produtividade de sistemas de pastagens tropicais. **Ciência Animal Brasileira**, v. 21, p. 91-104, 2020.

MOURA, A.B., SILVA, G.B. et al. Do Foliar Fertilizers Promote Increased Productivity of Tropical Grasses? **Agrochemicals**, v. 4, n. 2, p. 9, 2025.

NACHTIGALL, G. R.; NAVA, G. Adubação foliar: fatos e mitos. In: Embrapa Uva e Vinho. **Anais...** Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v. 23, n. 2, p. 87-97, 2010.

NASCIMENTO, M.; LOUREIRO, F. E. L. **Fertilizantes e Sustentabilidade: o potássio na agricultura brasileira, fontes e rotas alternativas**. Rio de Janeiro, CETEM/MCT, 66 p., 2004.

OLIVEIRA, R. S., CONSTANTIN, J. et al. Excesso de nutrientes e sua influência na morfologia de gramíneas forrageiras tropicais. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 44, n. 1, p.

31-39, 2021.

OLIVEIRA, R. S., CONSTANTIN, J., INOUE, M.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, PR: Omnipax, 2011.

PENATI, M. A., CORSI, M. et al. Número de amostras e relação dimensão: formato da moldura de amostragem para determinação da massa de forragem de gramíneas cespitosas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 36-43, 2005.

PORTO, E. M. V., ALVES D. D. et al. Rendimento forrageiro da Brachiaria brizantha cv. Marandu submetida a doses crescentes de fósforo. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, n. 3, p. 25-34, 2012.

RAIJ, B. **Fertilidade do Solo e Manejo de Nutrientes**. 1. ed. Piracicaba: Instituto Agronômico, 2011.

RAZAVIA, N. et al. Foliar nutrient applications improve herbicide efficacy and plant recovery. **Journal of Plant Nutrition**, v. 44, p. 1874-1889, 2021.

RODRIGUES, R. C. et al. Interação entre bioestimulantes e adubação na produção de pastagens. **Pastagem & Nutrição**, v. 3, n. 2, p. 47-55, 2017.

ROSOLEM, C. A. Absorção e translocação de nutrientes aplicados via foliar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 847-855, 2002.

ROSOLEM, C. A. et al. Efeito da adubação foliar no desenvolvimento radicular e absorção de nutrientes em plantas forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 1083-1090, 2012.

SANTOS, H. Q., FONSECA D. M. et al. Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 173-182, 2002.

SANTOS, L. M., SIQUEIRA. F. D. et al. Potencial de estabelecimento da Brachiaria híbrida

cultivar Mulato II (Convert HD364) no Estado do Tocantins. **Nativa**, v. 3, n. 4, p. 224-232, 2015.

SIEBENMORGEN, R. et al. Effects of foliar fertilizers on herbicide absorption and efficacy. **Weed Science**, v. 66, p. 1-10, 2018.

SILVA, J. C. et al. Redução da fitotoxicidade de herbicidas em gramíneas forrageiras com adubação foliar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, 2019.

SOUZA, D. M. et al. Impacto da adubação foliar na qualidade nutricional de pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, p. 1-12, 2019.

TAIZ, L., ZEISER, E. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. Melhoramento genético de forrageiras tropicais no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 871-883, 2009.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2nd ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994.

8 ANEXOS

Tabela 7 - Análise de variância provenientes de combinações de doses de MAP e KP PLUS referentes ao primeiro corte. Uberlândia-MG, março de 2020.

		Massa Seca	Proporção Folha:Colmo	Porcentagem de Folhas
Variáveis	GL	QM	QM	QM
Dose Map (DM)	2	2	4	2
Dose KP PLUS (DKP)	2	5	6	6
DM X DKP	4	3*	5*	3*
Bloco	3	4	2	4
Resíduo	24	6	3	5
CV		18.9 %	22,73%	11,23%

* Indica a variável que houve interação significante à 10% utilizando o teste Tukey.

Tabela 8 - Análise de variância provenientes de combinações de doses de MAP e KP PLUS referentes ao terceiro corte. Uberlândia-MG, outubro de 2020.

		Proporção Folha:Colmo
Variáveis	GL	QM
Dose Map (DM)	2	3
Dose KP PLUS (DKP)	2	2
DM X DKP	4	6*
Bloco	3	5
Resíduo	24	4
CV		44,95%

* Indica a variável que houve interação significante à 10% utilizando o teste Tukey.