

Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Agrárias
Campus Regional Montes Claros

**PRODUÇÃO DE FORRAGEM E EFICIÊNCIA NO USO DO
NITROGÊNIO NO CAPIM-CORRENTE**

Maikom Bruno Gonçalves



MAIKOM BRUNO GONÇALVES

**PRODUÇÃO DE FORRAGEM E EFICIÊNCIA NO USO DO
NITROGÊNIO NO CAPIM-CORRENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Thiago Gomes dos S. Braz

Maikom Bruno Gonçalves. **PRODUÇÃO DE FORRAGEM E EFICIÊNCIA NO USO DO NITROGÊNIO NO CAPIM-CORRENTE.**

Aprovado pela banca examinadora constituída por:

Prof. Rodinei Facco Pegoraro - ICA/UFMG

Matheus Almeida Alves – Doutorando ICA/UFMG



Prof. Thiago Gomes dos S. Braz – Orientador ICA/UFMG

Montes Claros, 03 de setembro de 2021

Dedico

À Deus, aos meus pais, (Joaquim e Marlene) e meu irmão (Ruan).

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me amparou nos momentos difíceis e conduziu meus passos para chegar nessa etapa.

Aos meus pais, Joaquim e Marlene por apoiarem de forma incondicional os meus sonhos. Sempre me ajudaram da melhor forma possível, com incentivo e conselhos. Tenho uma eterna gratidão por vocês.

Ao Ruan, um grande irmão que compartilha sonhos e acredita no meu potencial.

A Fundação Mendes Pimentel e aos amigos que conviveram comigo durante tanto tempo na moradia universitária.

Ao Grupo de Estudos em Forragicultura, em especial ao Alessandro, André, Henrique e Ingrid por terem ajudado na instalação, condução e avaliação do experimento. Sem o apoio de vocês, não seria possível cumprir com êxito essa empreitada.

Ao professor Thiago pela orientação e ensinamentos. O senhor é um grande profissional, inspira as pessoas a seguirem os seus passos. Obrigado por ter acreditado na minha capacidade.

A todos os professores do curso de Bacharelado em Agronomia pelo aprendizado passado. Irei levá-lo tanto na vida pessoal, quanto na vida profissional.

Aos demais profissionais técnicos administrativos, técnicos terceirizados pelo auxílio durante a graduação.

Por último, ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais por oferecer a estrutura para realização do trabalho. Além disso, foram anos de estudos que sempre irão ficar na minha memória.

RESUMO

A região semiárida brasileira é marcada por baixa precipitação e irregularidade na distribuição de chuvas. O estudo de forrageiras que apresentem potencial para produção de forragem nessa região bem como estratégias de adubação nitrogenada para estas plantas pode minimizar a insegurança alimentar dos animais. Assim, objetivou-se testar os efeitos de doses de nitrogênio sobre a produção, composição morfológica e características estruturais do capim-corrente (*Urochloa mosambicensis*), bem como determinar a eficiência no uso desse nutriente pela forrageira. Para isso foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com seis tratamentos referentes as doses de 0, 25, 50, 75, 100 e 125 mg/dm³ de N aplicados no capim-corrente e seis repetições. O experimento foi conduzido em casa de vegetação e a aplicação do nitrogênio foi feita na forma de solução nutritiva. Também foi realizada a adubação com fósforo e potássio para obtenção de elevada produção (alto nível tecnológico) de forrageiras tropicais. Houve efeito significativo das doses de nitrogênio (N) sobre todas as variáveis de produção, composição morfológica e estrutura analisadas, exceto para a porcentagem de folhas. As doses de N promoveram resposta linear positiva na massa seca total (MST), aumentando em 224,11% com a aplicação de 125 mg/dm³, no entanto esse aumento foi acompanhado por maior proporção de colmos e inflorescências. De maneira semelhante à produção, também houve efeito linear positivo sobre o número de perfilhos, que cresceu 82,60%. O número de inflorescências apresentou a maior resposta (712,29%) a aplicação de N. A dose necessária para obtenção da metade da resposta máxima em produção de MST (13.157,8 mg/vaso) correspondeu a 27,72 mg/dm³ de N. Para a dose de 27,72 mg/dm³, a eficiência no uso do nitrogênio aproximada foi de 40,5 kg de MST para cada kg de N. O nitrogênio aumenta a produção de biomassa, o perfilhamento e emissão de inflorescências no capim-corrente. Esse aumento foi acompanhado por maior participação de componentes pouco desejáveis para a qualidade da forragem, tais como colmos e inflorescências. A resposta máxima teórica é de 26.315,8 mg/vaso para massa total e de 6.535,9 mg/vaso para massa de folhas. A constante de Michaelis-Menten foi de 27,72 mg/dm³ de N para massa seca total e de 23,03 mg/dm³ para massa de folhas. Nesse contexto, observou-se que a adubação nitrogenada com maiores doses de N (125 mg/dm³) são imprescindíveis para a produção de capim, mas causam baixa eficiência de utilização no N pelas plantas.

Palavras-chave: Composição morfológica, constante de Michaelis-Menten, inflorescência, massa seca de forragem, parâmetros cinéticos, *Urochloa mosambicensis*.

ABSTRACT

The Brazilian semiarid region is marked by low rainfall. The study of forage plants that have potential for forage production in this region as well as nitrogen fertilization strategies for these plants can minimize the food insecurity of animals. Thus, the objective was to test the effects of nitrogen doses on the production, morphological composition and structural characteristics of capim-corrente (*Urochloa mosambicensis*), as well as to determine the efficiency in the use of this nutrient by forage. For this, a randomized block design was used with six treatments referring to doses of 0, 25, 50, 75, 100 and 125 mg/dm³ of N applied to capim-corrente and six replications. The experiment was carried out in a greenhouse and nitrogen was applied in the form of a nutrient solution. Fertilization with phosphorus and potassium was also carried out to obtain high production (high technological level) of tropical forages. There was a significant effect of nitrogen (N) doses on all production variables, morphological composition and structure analyzed, except for the percentage of leaves. The doses of N promoted a positive linear response in the total dry mass (TDM), increasing by 224.11% with the application of 125mg/dm³, however this increase was accompanied by a greater proportion of stalks and inflorescences. Similarly to production, there was also a positive linear effect on the number of tillers, which grew 82.60%. The number of inflorescences showed the highest response (712.29%) to the application of N. The dose required to obtain half of the maximum response in TDM production (13,157.8 mg/pot) corresponded to 27.72 mg/dm³ of N. For the dose of 27.72 mg/dm³, the approximate nitrogen use efficiency was 40.5 kg of MST for each kg of N. Nitrogen increases biomass production, tillering and inflorescence emission in current grass. This increase was accompanied by a greater participation of undesirable components for forage quality, such as stalks and inflorescences. The theoretical maximum response is 26,315.8mg/pot for total mass and 6535.9 mg/pot for leaf mass. The Michaelis-Menten constant was 27.72 mg/dm³ of N for total dry mass and 23.03 mg/dm³ for leaf mass. In this context, it was observed that nitrogen fertilization with higher N doses (125 mg/dm³) are essential for grass production, but cause low N utilization efficiency by plants.

Keywords: morphological composition, Michaelis-Menten constant, inflorescence, forage dry mass, kinetic parameters, *Urochloa mosambicensis*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 -Eficiência do uso do nitrogênio (EUN) do capim-corrente para a produção de massa seca total (MST) e massa seca de folhas (MSF). | 22 |
|---|----|

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Análise química do substrato utilizado no experimento.....6
- Tabela 2.** Aplicação da solução nutritiva a base de nitrogênio e potássio de acordo com os tratamentos.....7
- Tabela 3.** Médias, equação de regressão e coeficientes de determinação das características produtivas e estruturais do capim-corrente (*Urochloa mosambicensis*) adubado com o nitrogênio.....10
- Tabela 4.** Parâmetros cinéticos da resposta produtiva do capim-corrente a adubação nitrogenada.....15

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---|------------------|
| Capacidade de aproveitamento do nitrogênio..... | KD |
| Eficiência do uso do nitrogênio..... | EUN |
| Eficiência marginal no nível de adubação nitrogenada..... | EFm _i |
| Massa Seca de Folhas..... | MSF |
| Massa Seca total..... | MST |
| Máximo desempenho teórico possível..... | KM |
| Número de Perfilhos..... | PERF |
| Número médio de Inflorescências..... | NINFL |
| Peso médio do perfilhos..... | PMPERF |
| Porcentagem de folhas..... | %FOL |
| Porcentagem de colmos..... | %COLM |
| Porcentagem de material morto..... | %MOR |
| Porcentagem de Inflorescências..... | %INFL |
| Relação folha:colmo..... | RFC |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO..... | 2 |
| 2.1. Caracterização do capim-corrente..... | 2 |
| 2.2. Adubação nitrogenada em pastagens..... | 3 |
| 2.3. Fontes de nitrogênio utilizadas na adubação..... | 3 |
| 2.4. Eficiência do uso do nitrogênio em forrageiras..... | 4 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 6 |
| 3.1. Local e época..... | 6 |
| 3.2. Delineamento experimental..... | 6 |
| 3.3. Instalação do experimento..... | 6 |
| 3.4. Manejo da adubação..... | 8 |
| 3.5. Avaliação do experimento..... | 9 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 10 |
| 5. CONCLUSÃO..... | 16 |
| 6. REFERÊNCIAS..... | 17 |

1. INTRODUÇÃO

A produção animal na região semiárida enfrenta uma série de dificuldades por causa de fatores como a baixa precipitação, período seco prolongado e irregularidade nas chuvas. Estas condições acentuam a estacionalidade produtiva e contribuem para a diminuição da capacidade de suporte das áreas (ÉDER-SILVA *et al.*, 2009). Somando a isso, o manejo inadequado e a falta de adubação das pastagens comprometem a viabilidade econômica, diminui a competitividade e torna pouco sustentável a criação de animais nessa região.

O capim-corrente (*Urochloa mosambicensis* (Hack). Daudy), também conhecido como capim-urocloa, é uma opção para alimentação de ruminantes no semiárido brasileiro. A espécie é capaz de produzir forragem em regiões cuja a precipitação ocorre entre 300 e 800 mm/ano, tolera o pastejo intensivo, possui um bom valor nutritivo, alta aceitabilidade pelos animais e não é muito exigente em fertilidade do solo (ARAÚJO FILHO *et al.*, 2013). Por ser pouco utilizado, as informações disponíveis sobre o capim-corrente são escassas. Nesse sentido, os estudos sobre as exigências nutricionais da variedade e as doses mais indicadas para adubações podem contribuir para a melhoria do rendimento e no manejo dessa forrageira.

O nitrogênio por sua vez, é um nutriente de extrema importância para as plantas, já que está diretamente associado a fatores como o alongamento de folhas, perfilhamento e acúmulo de biomassa das forrageiras (MARTUSCELLO *et al.*, 2005). No entanto, o manejo do N é muito complexo por causa da sua alta volatilidade, fácil dissipação e mobilidade, o que na maioria das vezes compromete a disponibilidade do elemento no solo (ZHENG *et al.*, 2015).

A concentração do nitrogênio nas plantas tem ligação direta com a quantidade do nutriente disponível no solo, a determinação da dose ideal desse elemento pode contribuir para tomada de decisão referente ao ajuste de adubações durante o ciclo das culturas. Em quantidades adequadas, a utilização do N tem potencial para aumentar a competitividade dos sistemas produtivos em ambientes semiáridos.

Dessa maneira, o objetivo foi avaliar os efeitos de doses de nitrogênio sobre a produção, composição morfológica e características estruturais do capim-corrente, bem como determinar a eficiência no uso desse nutriente pela forrageira.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A sazonalidade pluviométrica no semiárido brasileiro reduz a oferta regular de forragem para alimentação dos animais. O desenvolvimento ou estudo de variedades mais adaptadas a esse ambiente, contribui para aumentar a viabilidade dos sistemas produtivos. O capim corrente por sua vez, apresenta características agronômicas desejáveis, tais como, adaptação a diferentes tipos de solo, resistência ao déficit hídrico, boa produtividade de massa, alta aceitabilidade pelos animais, rápido estabelecimento, alta produção de sementes e elevado potencial germinativo. O conhecimento sobre essa variedade pode aumentar segurança alimentar dos animais criados em regiões onde disponibilidade de água é baixa. Assim, o referencial teórico do trabalho foi estruturado nos seguintes tópicos: Caracterização do capim-corrente (*Urochloa mosambicensis*), adubação nitrogenada em pastagens, fontes de nitrogênio utilizadas na adubação e eficiência do nitrogênio em forrageiras.

2.1. Caracterização do capim-corrente

O capim-corrente (*Urochloa mosambicensis* (Hack). Daudy) é uma espécie forrageira originada no continente africano, principalmente em países como Moçambique, Quênia, Tanzânia e Zimbábue (COOK *et al.*, 2020). Essa variedade tem se tornado opção para alimentação de animais em regiões semiáridas, pois a mesma tem boa adaptação a zonas de deficiência hídrica e se desenvolve em locais com precipitação entre 300 a 800 mm/ano (ARAÚJO FILHO *et al.*, 2013). Morfologicamente, o capim-corrente tem crescimento cespitoso decumbente, contudo a variedade pode apresentar a formação estolões e rizomas. As folhas são lineares e levemente lanceoladas, possuem pilosidade nas duas faces, na lateral e na bainha, os colmos podem atingir um metro de comprimento, sua inflorescência é racemosa e pode apresentar de 2 a 6 racemos (OLIVEIRA, 2005). Além disso, pode ocorrer o perfilhamento aéreo e a diferenciação entre folhas é capaz originar novos perfilhos.

A variedade é perene, porém existem relatos como o de Oliveira (2005) que descrevem um comportamento anual no ciclo da espécie. Essa variação, ocorre por causa do desaparecimento da parte aérea do capim-corrente em condições de pastejo intenso no período seco. Nesse caso, a base das touceiras, raízes e rizomas permanecem viáveis e retornam o seu crescimento durante o período chuvoso. A propagação do capim-corrente é feita em sua maior parte através da utilização de sementes, que são produzidas em grandes quantidades, apresentam um bom vigor e germinam com muita rapidez. O capim-corrente tem um rápido estabelecimento no solo, produz uma boa quantidade de cobertura morta, tolera o pisoteio

intenso dos animais e resiste a condições limitantes como a salinidade. O mesmo também tem sido utilizado para conter processos erosivos e para recuperação de áreas degradadas. Em relação a produtividade anual, o capim-corrente produz entre 1 e 8 toneladas de massa seca ha/ano, isso em função da disponibilidade de água, adubação com nitrogênio, fósforo, potássio e demais macro e micronutrientes exigidos pelas plantas (COOK *et al.*, 2020).

2.2. Adubação nitrogenada em pastagens

O nitrogênio é o elemento mais exigido pelas plantas forrageiras, o mesmo tem relação direta o aumento da produtividade. O N está disponível para as plantas como componente da matéria orgânica, na fixação biológica e na sua forma mineral de amônio, nitrato e ureia. A disponibilidade adequada do nutriente interfere diretamente em processos como crescimento, estabelecimento, perfilhamento e produção de massa das forrageiras (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Devido a sua alta capacidade de volatilização, dissipação e percolação, o manejo do nitrogênio no ambiente é muito complexo e se não for feito de uma maneira correta, pode ocasionar alguns problemas nutricionais nas culturais (ZHENG *et al.*, 2015). Em deficiência, o N provoca a diminuição da área foliar, aumento do sistema radicular, clorose foliar, amarelecimento, senescência das folhas e, conseqüentemente, têm-se uma redução da taxa fotossintética nas plantas. A aplicação de doses de N em gramíneas forrageiras apresenta resposta positiva considerada linear em solos tropicais, porém essa relação só ocorre até o ponto em que as plantas atinjam um máximo potencial produtivo. Nesse caso, o aumento das doses ou na frequência de adubações não ocasionará ganhos produtivos para as culturas (HAVLIN *et al.*, 2005).

O nitrogênio em excesso é prejudicial e pode causar danos tais como, o aumento da susceptibilidade ao ataque de patógenos, inativação de outros nutrientes, desequilíbrio entre as estruturas vegetativas e reprodutivas, produção exagerada de colmos, atraso da fase reprodutiva, acamamento das plantas, elevação da salinidade e da acidez do solo, o que é potencialmente perigoso para o meio ambiente (IUCHI *et al.*, 2001).

2.3. Fontes de nitrogênio utilizadas na adubação

Para conseguir atender a demanda das plantas em relação ao nitrogênio, é necessário que se faça uma suplementação mineral desse elemento, pois a quantidade de nutriente disponibilizada pela matéria orgânica e a fixada biologicamente costumam não suprir as exigências das culturas. Nesse sentido, o nitrato de amônio, sulfato de amônio e a ureia são os adubos nitrogenados mais utilizados em pastagens (HAVLIN *et al.*, 2005).

Segundo Primavesi (2004) a ureia é a fonte mais utilizada, pois contém uma grande quantidade de nitrogênio (44 a 46% de N), tem um custo menor de aquisição, compromete pouco a acidez do solo e a sua manipulação é mais simples. Em contrapartida, a ureia apresenta um alto nível de volatilização no ambiente, o que pode prejudicar a eficiência da adubação. O sulfato de amônio possui cerca de (20 a 21% de N) na sua composição, é rico em enxofre (24% de S) e sua perda para o ambiente é menor. No entanto, essa fonte pode contribuir para a acidificação do solo, além de ser consideravelmente mais cara que as outras. O nitrato de amônio é composto por (32 a 33% de N), sendo uma fonte que pode ser absorvida com maior facilidade pelas plantas. Como vantagens, o nitrato de amônio perde menos nitrogênio para o ambiente em relação a ureia e acidifica menos o solo quando comparado ao sulfato de amônio.

Para absorver o nitrato (NO_3^-) e o amônio (NH_4^+), as plantas usam sítios proteicos específicos, que podem apresentar um grau de afinidade variável de acordo a concentração de N no ambiente. No caso do (NO_3^-) a absorção envolve a bomba extrusora de prótons que externaliza o H^+ um gradiente de prótons que move o transporte ativo secundário no nitrato para dentro da célula, o que mantém a eletroneutralidade nas plantas e aumenta o pH ambiente (FERNANDES; SOUZA *et al.*, 2006). Já a absorção do NH_4^+ exige um gasto energético menor que a absorção NO_3^- (FAGEIRA *et al.*, 2009), pois o NH_4^+ é absorvido, convertido em amônia e rapidamente assimilado em um esqueleto de carbono formando compostos como glutamato, glutamina, aspartato e asparagina. É válido dizer que em ambas as formas, o nitrogênio pode ser tóxico para as plantas, principalmente se for utilizado em doses muito altas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

2.4. Eficiência do uso do nitrogênio em forrageiras

A utilização do nitrogênio pode trazer inúmeros benefícios para as forrageiras, uma vez que esse é o nutriente mais exigido pelas culturas. No entanto, a adubação com o N tende a ser onerosa, já que a maioria dos solos em regiões tropicais não conseguem fornecer de forma natural a quantidade de nutriente requerida pelas plantas (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

O manejo do nitrogênio em forrageiras tropicais tem sido alvo de estudos durante décadas, tudo isso visa tornar o uso do nutriente mais dinâmico e eficiente, estabelecendo formas de garantir o incremento produtivo em função da viabilidade econômica e da racionalidade dos sistemas produtivos (LUGÃO, 2003). O N participa de diversos processos metabólicos, entre eles a síntese de clorofila, rubisco e divisão celular, que são importantes para a formação de novos tecidos nas plantas e para eficiência fotossintética (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A eficiência no uso do nitrogênio (EUN) estabelece a razão entre o aumento de produção de biomassa das plantas e a disponibilidade de N no solo, visando a interação entre os ganhos produtivos e a sustentabilidade. A EUN é composta por duas variáveis, a eficiência de absorção, que é a capacidade da planta de absorver e armazenar o N, e a eficiência de utilização, que é o potencial da planta em produzir biomassa conforme a disponibilidade de N é incrementada. Dessa forma, as duas variáveis associadas com o manejo adequado das áreas, condições climáticas vantajosas, dose a ser aplicada e o potencial de resposta produtiva determinam a eficiência da planta na utilização do nitrogênio (CORRÊA *et al.*, 2000; OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Para avaliar o aproveitamento do N pelas forrageiras, o principal método empregado é o modelo proposto pelo princípio de Michaelis-Menten que é a base para o estudo da cinética de reações enzimáticas na bioquímica moderna (FERNANDES *et al.*, 2007).

Michaelis e Menten (1913), observaram que as reações bioquímicas entre as enzimas e substratos apresentavam relação direta com a concentração de substrato no meio. Assim, avaliaram que na medida em que a concentração do substrato aumentava no ambiente, a reação enzimática tinha a sua velocidade acelerada, devido a formação de novos sítios de ligação no complexo enzima-substrato. Essa relação, entretanto, tinha um limite e só ocorria até o ponto em que as enzimas envolvidas atingissem um potencial máximo de ligação. Dessa maneira, a partir do momento em que o sistema enzimático ficava saturado, a velocidade de reação era reduzida. Nesse princípio dois parâmetros foram estabelecidos, o V_{max} (K_m) que representava a velocidade máxima de reação nunca alcançada, mas para qual o sistema tendia quando o nível do substrato era muito incrementado e o K_d que correspondia a concentração do substrato na qual a velocidade de reação enzimática era metade do K_m (LANA *et al.*, 2005).

Para auxiliar o princípio de Michaelis-Menten é utilizada a transformação de Lineweaver-Burk que é um procedimento estatístico (dupla inversa) acompanhado das constantes “a” e “b” que permitem estimar os parâmetros cinéticos de crescimento em relação a capacidade de resposta das plantas a adubação nitrogenada (FERNANDES *et al.*, 2007).

Esse modelo pode ser aplicado para a determinação da eficiência no uso do N uma vez que o acúmulo de biomassa nas plantas é o resultado de inúmeras reações metabólicas que envolvem a absorção e utilização dos nutrientes. A EUN segue o mesmo modelo de Michaelis-Menten, já que o incremento de produção pode ser expresso como a velocidade média da reação enzimática em relação a concentração de nutriente no ambiente (LANA *et al.*, 2005).

Dessa forma, a determinação da eficiência do uso do nitrogênio é feita pela interpretação de que a planta tem um limite de capacidade de resposta produtiva em relação a oferta de determinado nutriente. Assim, a disponibilidade do nutriente em quantidades muito elevadas tende a saturar o sistema enzimático da planta. Nesse caso, o K_d representa a inclinação da curva de produção em função da oferta do nível máximo de produção (K_m). Quanto menor for o K_d , maior será o potencial de resposta das plantas a menores doses de nitrogênio (FERNANDES *et al.*, 2007).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e época

O experimento foi realizado em casa de vegetação no município de Montes Claros-MG, entre os meses de janeiro a abril de 2021. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, tropical, megatérmico com verão chuvoso e inverno seco. A temperatura média anual é de 22,7 °C e a precipitação de 1083 mm/ano.

3.2. Delineamento experimental

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com seis tratamentos referentes as doses de 0, 25, 50, 75, 100 e 125 mg/dm³ de N aplicados no capim-corrente e seis repetições.

3.3. Instalação do experimento

Para instalação do experimento, utilizou-se substrato composto por oito partes de solo para três partes de areia, pois o capim-corrente se adapta melhor a solos de textura leve. Após a mistura das proporções de solo e areia o substrato foi caracterizado quanto a sua composição química e física (Tabela 1). A recomendação para adubação fosfatada foi realizada considerando-se o nível o nível mais alto de exigência em fertilidade para forrageiras tropicais que é de 240 kg/ha de P₂O₅, correspondendo a aplicação de 120 mg/dm³ de P₂O₅, foi aplicado ainda 50 mg/dm³ de K₂O (SOUSA *et al.*, 2004).

Tabela 1 – Caracterização química e física do substrato utilizado no experimento

| Atributos | Concentração ou quantidade | Nível |
|--------------------------------------|----------------------------|-------|
| pH em água | 4,4 | M Bx |
| P Mehlich (mg/dm ³) | 2,77 | M Bx |
| P remanescente (mg L ⁻¹) | 29,46 | |
| K (mg/dm ³) | 48 | M |
| Ca (cmol/dm ³) | 1,80 | M |
| Mg (cmol/dm ³) | 0,67 | M |
| Al (cmol/dm ³) | 0,42 | Bx |
| H + Al (cmol dm ³) | 1,96 | Bx |
| SB (cmol/dm ³) | 2,59 | M |
| t (cmol/dm ³) | 3,01 | M |
| m (%) | 14 | MBx |
| T (cmol/dm ³) | 4,56 | M |
| V (%) | 56,90 | M |
| M.O (dag/kg) | 1,19 | Bx |
| Carbono Orgânico (dag/kg) | 0,69 | Bx |
| Areia grossa (dag/kg) | 45,30 | |
| Areia fina (dag/kg) | 2,70 | |
| Silte (dag/kg) | 8,00 | |
| Argila (dag/kg) | 44,00 | |

MBx= Muito baixo; Bx= Baixo; B= Bom; M= Médio; A= Alto; MB= Muito bom; MA= Muito alto; pH em água (Acidez ativa); Carbono orgânico = Método Walkley e Black; Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) Trocáveis = Método KCL 1 mol/L e titulação com EDTA; Alumínio - Al (acidez trocável) = Método KCL 1 mol/L e titulação com NaOH; H + Al (acidez potencial) = Método Ca (OAc)₂ 0,5 mol/L. Fósforo (P) disponível = Método Mehlich-1 e colorimetria; Fósforo remanescente = Método do P em solução do equilíbrio e colorimetria; Potássio (K) disponível = Método Mehlich e fotometria de chama; Textura (granulometria) = Método da Pipeta.

As unidades experimentais foram preparadas em vasos plásticos com seis litros de substrato, os mesmos receberam a adição de uma manta de drenagem para evitar a perda do material e por consequência facilitar o processo de drenagem. Em seguida, os vasos foram

colocados em capacidade de campo, ficando em repouso durante uma semana para facilitar o processo de controle de plantas daninhas. O plantio de sementes ocorreu diretamente nos vasos no dia 8 de janeiro de 2021. Após a germinação das sementes, procedeu-se o desbaste com o objetivo de manter quatro plântulas mais vigorosas nas parcelas. Para uniformização do experimento, ocorreram dois cortes de padronização de plantas a 10 cm de altura do solo. O primeiro corte foi no dia 5 de fevereiro e visou separar os indivíduos em blocos mais vigorosos e menos vigorosos, seguido do transplantio e substituição de mudas raquíticas por mudas de melhor qualidade obtidas do desbaste. O segundo corte, foi realizado no dia 15 de fevereiro e teve como objetivo a uniformização do experimento para o início do período de avaliação.

3.4. Manejo da Adubação

A adubação fosfatada foi realizada com o superfosfato simples durante o preparo do substrato, já a aplicação do nitrogênio e potássio ocorreu por meio de solução nutritiva, onde foram aplicados o equivalente a 75 mg/dm³ de K₂O na forma de cloreto de potássio. O nitrogênio por sua vez, foi aplicado de acordo com os tratamentos, nas doses de 0, 25, 50, 75, 100 e 125 mg/dm³ utilizando-se ureia.

Foram utilizadas soluções nutritivas nas concentrações de 9g/L de K₂O para o K e 3 g/L de N aplicadas em cobertura nas proporções descritas na Tabela 2.

Tabela 2: Volume aplicado de solução nutritiva a base de nitrogênio e potássio de acordo com os tratamentos

| TRATAMENTOS | T0 | T25 | T50 | T75 | T100 | T125 |
|------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Solução de N (mL) | 0 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 |
| Solução de K (mL) | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Água (H ₂ O) (mL) | 250 | 200 | 150 | 100 | 50 | 0 |

Tratamentos: T0 = 0 mg de N/dm³; T25 = 25 mg de N/dm³; T50 = 50 mg de N/dm³; T75 = 75 mg de N/dm³; T100 = 100 mg de N/dm³; T125 = 125 mg de N/dm³.

Durante a aplicação das soluções, foi acrescentado uma lâmina de água com o objetivo de maximizar o aproveitamento dos nutrientes, principalmente do N, uma vez que o mesmo apresenta alta volatilidade e fácil dissipação no ambiente (ZHENG *et al.*, 2015). Portanto, a soma das soluções nutritivas com a quantidade de água atingiu volume total de 300 ml aplicados.

3.5. Avaliação do experimento

O experimento foi avaliado por um período de 60 dias, dividido em 2 cortes com intervalo de 30 dias cada. O primeiro corte de avaliação, foi realizado no dia 17 de março de 2021 a 10 cm de altura do solo, o segundo corte ocorreu no dia 17 de abril de 2021 no mesmo nível do solo. No momento anterior ao corte foram avaliados o número de perfilhos emitidos e o número de inflorescências através da contagem desses componentes morfológicos.

O material fresco foi colhido e acondicionado em sacos plásticos para evitar a desidratação precoce. Em seguida foi pesado em balança semianalítica e separado nos componentes morfológicos folhas, colmos, material morto e inflorescências. Após isso, as amostras dos componentes morfológicos foram acondicionadas em sacos de papel para secagem em estufa de circulação forçada a 65 °C durante 72 horas. No final desse procedimento foi possível estimar o peso seco de cada variável. A massa seca total foi determinada pela soma dos valores de cada componente avaliado.

Para obtenção da massa seca total, os dados do primeiro e segundo cortes foram somados. Já para a obtenção das variáveis de composição morfológica, contagem de perfilhos e inflorescências realizou-se a média das duas colheitas.

Na análise do experimento, foram consideradas as seguintes variáveis: massa seca total (MST), número médio de perfilhos/planta (NPERF), número médio de inflorescências/planta (NINFL), massa seca das folhas (MSF), porcentagem de folhas (%FOL), colmos (%COL), material morto (%MOR), inflorescências (%INFL), relação folha:colmo (RFC) e peso médio dos perfilhos (PMPERF).

Os resultados obtidos passaram pela análise de variância considerando-se 5% como nível crítico de significância. Quando significativo, os dados analisados por meio de regressão, onde a escolha do modelo se baseou na significância dos parâmetros, explicação biológica e coeficiente de determinação. Todas as análises foram realizadas por meio do pacote estatístico Genes, versão 1990.2019.89 (CRUZ, 2016).

Os dados de massa seca total também foram analisados conforme princípio de Michaelis-Menten de cinética enzimática. Nesse modelo, o $V_{m\acute{a}x}$ (K_m) representa a velocidade máxima de reação nunca alcançada, mas para qual o sistema tende quando o nível de nutriente tende a infinito. Neste estudo, o parâmetro K_m representou o máximo desempenho possível em termos de massa seca, esse ponto indica a saturação enzimática do sistema. Já o K_d , conhecido como constante de Michaelis-Menten, corresponde o nível de nitrogênio aplicado cuja resposta produtiva foi metade de K_m .

Para obtenção dos parâmetros acima, foi realizada a transformação de Lineweaver-Burk, onde os dados foram inicialmente transformados para obtenção dos valores da sua recíproca. Em seguida procedeu-se a análise de regressão linear da recíproca da resposta produtiva em função da recíproca das doses de nitrogênio, conforme a equação $(1/Y) = a + b*(1/X)$.

Os parâmetros cinéticos foram estimados de acordo com os apresentados por FERNANDES *et al.* (2007) e LANA *et al.* (2005).

$$K_m = 1 / a$$

$$K_d = b / a$$

No qual: K_m = Máximo desempenho teórico possível; K_d = Capacidade de aproveitamento do nitrogênio para o crescimento; e “a” e “b” = Parâmetros matemáticos da equação de dupla inversa de Lineweaver-Burk.

Uma vez estimados os parâmetros cinéticos, a curva de resposta marginal ao N (EFm_i) ou Eficiência no uso do N (EUN) foi estruturada a partir das eficiências marginais observadas a cada intervalo de 5 mg de N. A resposta foi obtida função da quantidade de nitrogênio presente no substrato (concentração estudada em $mg/dm^3 \times 6 dm^3$).

$$EFm_i = \frac{(P_i - P_{(i-5)})}{5}$$

Onde,

EFm_i = Eficiência marginal no nível de adubação nitrogenada i ; P_i = produção de forragem projetada a partir da equação de Lineweaver-Burk para o nível de adubação i ; $P_{(i-5)}$ = produção de forragem projetada à partir da equação de Lineweaver-Burk para o nível de adubação $i - 5$ mg de N;

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo no uso do nitrogênio (N) sobre todas as variáveis de produção, composição morfológica e estrutura analisadas, exceto para a porcentagem de folhas e relação folha:colmo (Tabela 3).

A adubação nitrogenada promoveu resposta linear positiva na massa seca total (MST) com incremento de 224,11% após a aplicação de $125 mg/dm^3$ em comparação a dose zero de N (Tabela 3). Esse aumento se deve ao efeito positivo do N na produção de biomassa das plantas

forageiras. O nitrogênio é o nutriente mais exigido pelas plantas e está diretamente associado a sua produtividade. O mesmo é um componente essencial dos aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucleicos e alcaloides do metabolismo secundário, participa também de processos como a síntese de clorofila, respiração e diferenciação celular. Todos esses compostos estão envolvidos na estrutura vegetal das plantas, portanto o N tem ligação direta com o perfilhamento, emissão de colmos e crescimento de folhas, fatores que são determinantes para a produção de massa das forrageiras (PACIULLO *et al.*, 2011, MARTUSCELLO *et al.*, 2005; MARTUSCELLO *et al.*, 2015). Bezerra *et al.* (2019) observou aumento de 376% na produção de massa seca de capim-corrente com a aplicação de 100kg/ha de N.

Rodrigues *et al.* (2008) verificaram que a adubação com nitrogênio nas doses 0, 75, 150 e 225 mg/dm³ contribuiu para o aumento da produção de massa na *Urochloa brizanta* cv. Xaraés, outra gramínea de metabolismo C4. Nesse caso, o incremento apresentou comportamento quadrático e as doses que maximizaram a produção foram 166, 180 e 176 mg/dm³ de N para três cortes de avaliação, respectivamente. O N se deposita na zona de divisão celular, o que favorece a síntese de enzimas como o rubisco e eleva a taxa fotossintética das plantas. Consequentemente, tem-se a aceleração do processo de rebrota e emissão de colmos e folhas.

Vitor *et al.* (2014) estudou as características estruturais da *Urochloa decumbens* cv. Basilisk em função da adubação com N entre 0 e 400 kg/ha. Nesse trabalho, as doses de N aumentaram de modo linear a área foliar ($P < 0,05$), isso se deve ao acúmulo do nutriente em cadeias carbonadas que contribuem para a formação de novos tecidos e por consequência eleva a produção de massa das gramíneas.

A utilização do N também aumentou linearmente o número de perfilhos (NPERF), o aumento nesse caso foi de 82,60% entre as doses de 0 e 125 mg/dm³ (Tabela 3). O nitrogênio estimula o perfilhamento em várias espécies de gramíneas, entre elas as do gênero *Urochloa* (SILVA *et al.*, 2009). Esse incremento no número de perfilhos ocorre devido a formação de gemas axilares, que são estruturas que dão origem a novos tecidos e, por consequência, favorecem a longevidade produtiva das plantas (MARTUSCELLO *et al.*, 2015). O NPERF teve um acréscimo menor que a MST, isso pode ter ocorrido devido a lei de compensação tamanho/densidade, no qual a desfolha reduzida interfere na quantidade de perfilhos emitidos. Em contrapartida, a menor competição favorece o desenvolvimento vegetativo, assim, cada perfilho pode assumir um peso maior na presença do nitrogênio, o que sugere a formação de estruturas mais vigorosas (SBRISSIA; SILVA, 2008).

Tabela 3: Médias, equação de regressão e coeficientes de determinação das características produtivas e estruturais do capim-corrente (*Urochloa mosambicensis*) adubado com o nitrogênio

| Variável | Dose de nitrogênio (mg/dm ³) | | | | | | Equação | R ² |
|----------|--|-------|-------|-------|-------|-------|--|----------------|
| | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 | 125 | | |
| MST | 5,6 | 13,6 | 14,7 | 20,4 | 21,8 | 24,3 | $\hat{y} = 7,8827 + 0,1413^{**}x$ | 91,92 |
| NPERF | 5,6 | 9,5 | 8,8 | 10,7 | 11,5 | 12,0 | $\hat{y} = 6,8476 + 0,0452^{**}x$ | 79,07 |
| NINFL | 0,4 | 0,9 | 1,2 | 2,1 | 2,4 | 2,9 | $\hat{y} = 0,358 + 0,0204^{**}x$ | 98,28 |
| MSF | 1,5 | 3,7 | 4,1 | 5,3 | 5,9 | 6,1 | $\hat{y} = 2,193 + 0,0354^{**}x$ | 95,95 |
| %FOL | 27,93 | 26,50 | 26,92 | 25,08 | 25,25 | 24,85 | $\hat{y} = 26,09$ | - |
| %COL | 25,47 | 35,08 | 33,43 | 32,93 | 36,88 | 38,18 | $\hat{y} = 28,772 + 0,0783*x$ | 58,26 |
| %MOR | 44,40 | 32,70 | 33,97 | 33,90 | 29,47 | 27,57 | $\hat{y} = 40,376 - 0,1074*x$ | 67,06 |
| %INFL | 2,20 | 5,72 | 5,75 | 8,08 | 8,38 | 9,40 | $\hat{y} = 3,2794 + 0,053*x$ | 87,47 |
| RFC | 0,78 | 0,83 | 0,80 | 0,70 | 0,67 | 0,78 | $\hat{y} = 0,87$ | - |
| PMPERF | 150,0 | 216,7 | 233,3 | 266,7 | 250,0 | 266,7 | $\hat{y} = -1E-05*x^2 + 0,0022*x + 0,1566$ | 89,81 |

MST: Massa seca total (g); NPERF: Número médio de perfilhos/planta (NPERF); NINFL: Número médio de inflorescências/planta; MSF: Massa seca de folhas (g); %FOL: Porcentagem de folhas; %COL: Porcentagem de Colmo; %MOR: Porcentagem de morto; %INFL: Porcentagem de inflorescências; RFC: Relação folhas-colmo; PMPERF: Peso médio dos perfilhos (mg); *, **: significativo a 5 e 1%, respectivamente.

Santos *et al.* (2009) obtiveram aumento de 145% no número de perfilhos em experimento realizado com a *Urochloa decumbens* cv. Basilisk, adubada com doses entre 0 a 120 kg/ha de N, durante 73 dias de diferimento. Para os autores, o aumento do perfilhamento em gramíneas contribui para a elevação da plasticidade fenotípica das plantas. Esse processo auxilia na adaptação das forrageiras a uma maior gama de ambientes, sendo o mesmo determinante na manutenção do dossel das plantas e no manejo adequado das pastagens.

O nitrogênio influenciou de forma significativa o número de inflorescências (NINFL). A quantidade de inflorescências emitidas entre as doses 0 e 125 mg N/dm³ foi aumentada de forma linear em 712,29% (Tabela 3). O N promove aumento do perfilhamento em gramíneas e, quanto mais se eleva a produção de perfilhos, maior é a possibilidade de emissão de um número superior de inflorescências. O nutriente é essencial no processo de florescimento, uma vez que o mesmo colabora na produção de perfilhos reprodutivos, uniformiza a emissão de racemos e melhora a qualidade das sementes produzidas (JORNADA *et al.*, 2008).

Em campos para a produção de sementes, a adubação nitrogenada atua em dois momentos distintos, no primeiro momento a ação ocorre na pré-indução do florescimento, no qual o N é responsável por gerar um número adequado de perfilhos vigorosos. No segundo momento, o nutriente contribui para o alongamento da inflorescência, procedimento necessário para que a estrutura da inflorescência suporte o preenchimento de sementes (LOEPPKY e COUMAN, 2002).

Houve efeito do N na massa seca de folhas (MSF) do capim-corrente, com resposta linear positiva (Tabela 3). O aumento proporcionado com a aplicação de 125 mg/dm³ em relação à ausência de adubação foi de 201,78%. Nesse sentido, o aumento da adubação maximiza a produção de folhas do capim-corrente, o que incrementa a qualidade da forragem, uma vez que a maior parte dos nutrientes das forrageiras se depositam nesses componentes morfológicos.

A aplicação do N não alterou a porcentagem de folhas (%FOL) das plantas do capim-corrente (Tabela 3), que apresentou valor médio de 26,09. Isso pode ser explicado pelo comportamento fisiológico do capim-corrente, que tende a aumentar a senescência entre os meses de março e abril, devido à proximidade do período de inverno. Nesses meses, algumas variedades de gramíneas gastam as suas reservas energéticas no desenvolvimento de perfilhos reprodutivos, que serão responsáveis pela emissão e sustentação das inflorescências. Dessa forma, o aumento no florescimento observado nas plantas com maiores doses de adubo pode

ter sido acompanhado por aumento nas proporções de colmos e inflorescências, que fizeram com que não fossem notados aumentos na participação das folhas na composição morfológica da forragem. MOREIRA *et al.* (2009) não observaram efeito da adubação com até 300 kg/ha de N sobre a porcentagem de material morto da *Urochloa decumbens*.

O uso do nitrogênio incrementou a porcentagem de colmos (%COL) linearmente em 34,26% (Tabela 3). Da mesma forma que o N estimula a produção de folhas, também há estímulo no desenvolvimento de colmos, já que o nitrogênio é o maior fator de aumento na biomassa das forrageiras. Conforme verificado em outras variáveis, o nitrogênio promove o desenvolvimento de novos tecidos nas forrageiras. A eficiência do florescimento por exemplo, está associado com a formação dos perfilhos que sustentam o peso das inflorescências. Tais fatos justificam o efeito positivo do N no desenvolvimento de colmos no capim-corrente. Segundo Iwamoto *et al.* (2014), o nitrogênio possibilita o aumento na produção de colmos, principalmente nos períodos de verão e outono, onde se tem uma condição ambiental favorável. Nesse momento, as plantas emitem mais folhas e perfilhos e passam da fase vegetativa para a fase reprodutiva, o que resulta no maior alongamento de colmos. Contudo, é importante salientar que o aumento demasiado na proporção de colmos não é interessante para o manejo e eficiência de pastejo, uma vez que pode ocorrer a diminuição da relação folha:colmo e a queda do valor nutricional da forrageira (RODRIGUES *et al.*, 2008).

A porcentagem de material morto (%MOR) foi reduzida de modo linear pela adubação nitrogenada, sendo que a dose 125 mg/dm³ propiciou a redução de 33,24% na %MOR (Tabela 3). Tal resultado foi associado ao maior aporte de N, que fez com que a planta demandasse menos nutrientes para remobilização. Dessa forma, o processo de senescência pode ter sido minimizado, como resultado temos uma menor participação de material morto na forragem. Os relatos da literatura apontam para ausência de efeito da adubação nitrogenada sobre a %MOR de espécies do gênero *Urochloa* (FAGUNDES *et al.* 2005; MOREIRA *et al.*, 2009). Já MARTUSCELLO *et al.*, (2009) observaram aumento no acúmulo de material morto em capim-xaraés (*Urochloa brizantha*). Bezerra *et al.* (2019) relataram aumento no número de folhas senescentes em capim-corrente, fator que pode elevar a proporção de material morto.

A adubação com o nitrogênio favoreceu linearmente o incremento da porcentagem de inflorescências (%INFL) no capim-corrente, o aumento observado foi de 327,27% na maior dose de N (Tabela 3). O N, como pode ser observado em variáveis anteriores, contribui na emissão e formação de novos tecidos nas gramíneas. O desenvolvimento de gemas axilares promove o aumento na produção de perfilhos, emissão de folhas e alongamento de colmos.

Essas estruturas, quando vigorosas, podem favorecer a produção de inflorescências e o desenvolvimento de um número maior de racemos. Portanto, o nitrogênio participa diretamente na formação de estruturas morfológicas que colaboram na elevação da proporção de inflorescências em espécies forrageiras.

Não houve efeito da adubação sobre a RFC, que apresentou valor médio de 0,87 (Tabela 3). O ideal é que essa relação apresente valor superior a 1, pois indica maior proporção de folha na biomassa de forragem. A oferta de N em grandes quantidades pode provocar o desbalanceamento das estruturas morfológicas das gramíneas. Nesse caso, as mesmas podem apresentar a produção exagerada de colmos e aumento das inflorescências, principalmente em condições ruins de manejo, onde as plantas ultrapassam o ponto de colheita.

Rodrigues *et al.* (2008) avaliaram 3 cortes da *Urochloa brizanta* cv. Xaraés adubada com doses de nitrogênio (0,75, 150 e 225 mg/dm³) e potássio (0, 50 e 100 mg/dm³). Segundo os autores, nas doses mais elevadas de N houve a diminuição da relação folha:colmo, devido ao maior crescimento de plantas e alongamento de colmos.

É importante ressaltar que a relação RFC é utilizada como indicativo de características nutricionais das forrageiras. Nesse sentido, a baixa relação folha:colmo limita a qualidade das pastagens, uma vez que a maior parte dos nutrientes se depositam nas folhas (MARTUSCELLO *et al.*, 2005).

A adubação nitrogenada elevou o peso médio dos perfilhos (PMPERF) de forma quadrática (Tabela 3). O ponto máximo PMPERF foi estimado para a dose equivalente a 100 mg/dm³ de N, correspondendo a 266,3 mg, e ao incremento de 70,22% em comparação a dose zero. O nitrogênio participa de processos metabólicos como a síntese de clorofila e rubisco, que são importantes para o aumento da fotossíntese e divisão celular das plantas. Esses fatores, contribuem para formação de novos tecidos, tais como, a produção de folhas, emissão de perfilhos, desenvolvimento e alongamento de colmos. Nesse sentido, a disponibilidade de N interfere no incremento de produção de biomassa nas forrageiras, incluindo a massa dos perfilhos individuais. Além disso, o peso dos perfilhos tende a ser aumentado devido o florescimento, estágio em que as plantas consomem as reservas energéticas na produção de estruturas morfológicas mais vigorosas. Os perfilhos reprodutivos são mais robustos, uma vez que são responsáveis pela sustentação das inflorescências, racemos e sementes.

Silva (2006) analisou o efeito das doses 0, 150, 300 e 450 kg de N/ha de nitrogênio no perfilhamento da *Urochloa decumbens* cv. Basilisk e *Urochloa brizanta* cv. Marandu. Houve resposta positiva no aumento do peso de perfilhos na medida em que as doses de N foram

disponibilizadas. Entretanto, na dose 150 kg/ha de N o despenho de *Brachiaria decumbens* foi superior. No caso da *Brachiaria brizanta*, o desempenho da mesma foi melhor para as doses 300 e 450 kg/ha de N. Para os autores, o maior do peso de perfilhos pode ser explicado pela redução da competitividade, uma vez que o N eleva a área foliar das plantas, tem-se um maior sombreamento, o que pode provocar a morte de perfilhos. Nesse sentido, a redução no número de perfilhos pode aumentar disponibilidade de N, resultando no maior crescimento e acúmulo de biomassa no perfilhos restantes.

Os parâmetros cinéticos da resposta do capim-corrente em termos de produção de massa seca total e massa seca de folhas foram estudados por meio do modelo de Michaelis-Menten (Tabela 4). Nesse modelo, foram estimados os parâmetros da resposta cinética com base na regressão da recíproca dos dados de massa em função da recíproca dos dados de quantidade de nitrogênio aplicado por vaso. Assim, os coeficientes “a” e “b” estimados permitiram o cálculo do Km, que é a resposta produtiva máxima teórica e o Kd, que corresponde a quantidade do nutriente que proporciona resposta equivalente à metade da resposta máxima teórica.

Tabela 4: Parâmetros cinéticos da resposta produtiva do capim-corrente a adubação nitrogenada

| Variável | b | a | Km | Kd |
|---------------|----------|----------|---------|-------|
| MST (mg/vaso) | 0,006322 | 0,000038 | 26315,8 | 166,4 |
| MSF (mg/vaso) | 0,021139 | 0,000153 | 6535,9 | 138,2 |

a e b: Parâmetros matemáticos da equação de dupla inversa de Lineweaver-Burk; Km: Máximo desempenho teórico possível; Kd: Capacidade de aproveitamento do nitrogênio para o crescimento.

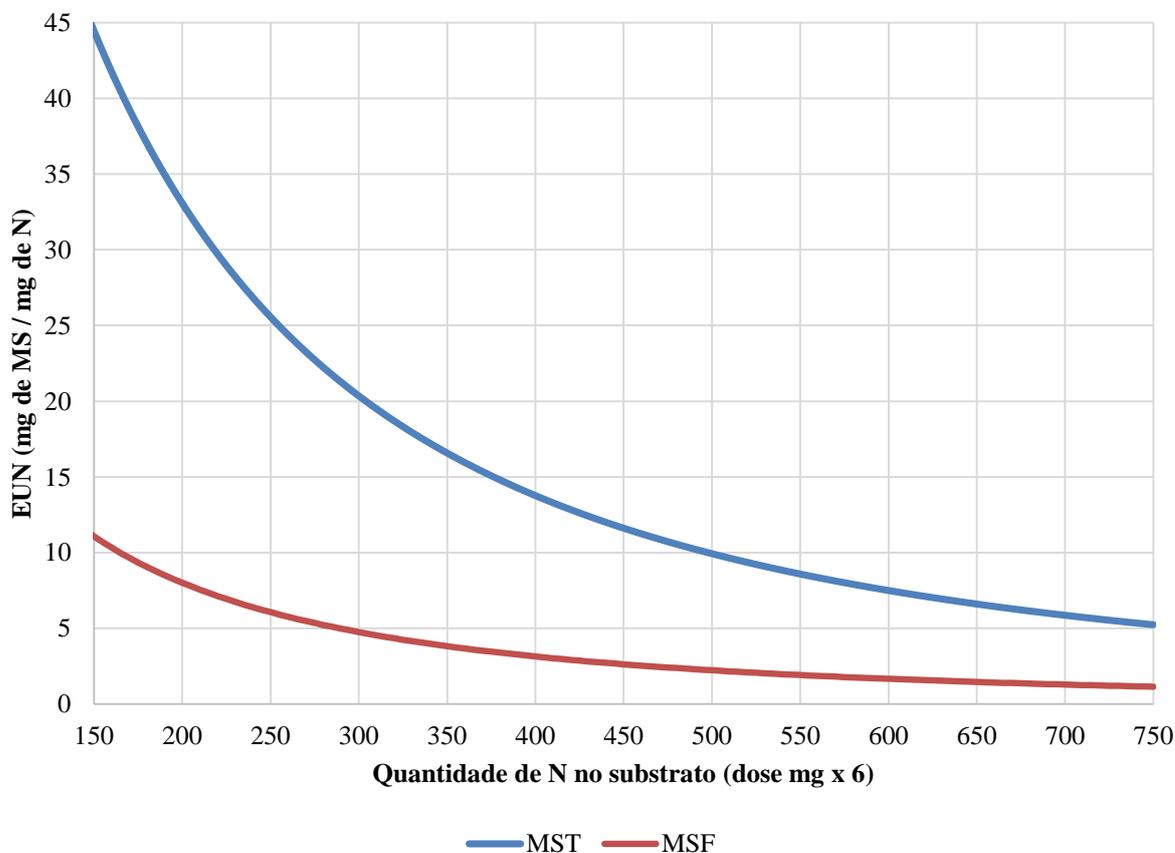
Nota-se que a resposta máxima teórica para MST apresentou valor absoluto elevado e superior ao da MSF. Nesse sentido, o aumento de produção se manifestou principalmente por meio do aumento de massa total, independente do componente morfológico avaliado. Por outro lado, a produção de folhas teve aumento menos expressivo, indicando que maiores doses de N no capim-corrente aumentam a proporção de componentes menos desejáveis para a qualidade da forragem, como é o caso de colmos e inflorescências.

O valor Kd apresentado na tabela equivale à quantidade total de nitrogênio no vaso (Tabela 4). Assim, para se obter a dose equivalente, divide-se o valor por 6 (quantidade de decímetros cúbicos de solo por vaso). Portanto, o Kd da MST foi de 27,72 mg/dm³ de N, valor

equivalente à 55,46 kg/ha de N. Já para a MSF, o Kd foi de 23,03 mg/dm³ de N, que se equipara a 46,05 kg/ha de N. Percebe-se que o valor obtido para MSF é inferior ao da MST. Isso significa que a produção de folhas no capim-corrente pode ser maximizada em doses menores em relação a MST.

Foi possível verificar que o valor da eficiência no uso do nitrogênio (EUN) diminuiu com o aumento das doses desse elemento (Figura 1). Assim, para a dose 166,4 mg/vaso (27,72 mg/dm³), a eficiência no uso do nitrogênio aproximada é de 40,5 kg de MST para cada kg de N adicionado. Já para a MSF, a dose de 138,2 mg/vaso (23,03 mg/dm³), a EUN foi de aproximadamente 12 kg de massa de folhas para cada kg de N. A diferença entre os valores evidencia que a biomassa do capim-corrente apresenta maior porcentagem de inflorescências, colmos e material morto, componentes morfológicos desfavoráveis para a qualidade das forrageiras.

Figura 1– Eficiência do uso do nitrogênio (EUN) do capim-corrente para a produção de massa seca total (MST) e massa seca de folhas (MSF)



Fonte: Arquivo pessoal, 2021.

Ribeiro (2018) avaliou a eficiência agrônômica do *Panicum maximum* cv. BRS Quênia adubado com 0, 50, 100 e 200 mg/dm³ de nitrogênio. Nesse trabalho, a medida em que a dose de N foi aumentada, notou-se a diminuição da eficiência do nutriente na produção de biomassa da forrageira. Dessa forma, foi possível observar que a EUN foi de 14,7% a 27,97% das doses 50 e 200 mg/dm³ de nitrogênio. Segundo o autor alguns fatores podem influenciar a eficiência do uso do N, entre eles a lei dos incrementos decrescentes, no qual os aumentos na produção de biomassa podem ser mais expressivos em doses menores do que em doses elevadas de N.

Oliveira *et al.* (2009) observaram a diminuição da eficiência no uso do nitrogênio em *Urochloa brizanta* cv. Piatã adubada com 0, 50, 100, 200, 300 e 500 kg/ha de N. Esses autores descrevem que a resposta a adubação segue o modelo de Michaelis-Menten em que variáveis como massa seca total, massa seca de folhas e massa seca de colmo sofrem aumento de produção de biomassa até determinada dose.

5. CONCLUSÃO

O nitrogênio aumenta a produção de massa seca total, massa seca de folhas, florescimento, número e peso de perfilhos e reduz a porcentagem de material morto do capim-corrente. A resposta máxima teórica é de 26,3 g/vaso para massa total e de 6,5 g/vaso para massa de folhas. A dose de N que proporciona produção equivalente a 50% da produção máxima teórica é de 27,72 mg/dm³ de N para massa seca total e de 23,03 mg/dm³ para massa de folhas. A eficiência no uso do nitrogênio reduz com o aumento na dose e é de 40,5 mg de massa seca por mg de N e de 12 mg de massa seca de folhas por mg de N nas doses que proporcionam resposta equivalente à metade da produção máxima teórica.

6. REFERÊNCIAS

ARAÚJO FILHO, J.A. **Manejo pastoril sustentável da caatinga**. Ed. Recife: Cidade Gráfica e Editora Ltda, 2013.

BEZERRA, R. C. A; LEITE, M. L. D. M; ALMEIDA, M. C. R. D; LUCENA, R. R. D; SIMÕES, V. J. L. P; BEZERRA, F. J. S. D. M. Características Agronômicas de *Urochloa mosambicensis* sob diferentes níveis de fósforo e nitrogênio. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 30, p. 268-276, out. 2019.

COOK, B; PENGELLY, B; SCHULTZE-KRAFT, R; TAYLOR, M; BURKART, S; ARANGO, J. A. C; GUZMÁN, J. J. G; COX, K; JONES, C; PETERS, M. *Urochloa mosambicensis*. **Tropical Forages**. Disponível em: <https://www.tropicalforages.info/text/entities/urochloa_mosambicensis.htm?zoom_highlight=UROCHLOA+MOSAMBICENSIS>. Acesso em: 12 set. 2021.

CORRÊA, L. A. Pastejo rotacionado para a produção de bovinos de corte. In: Simpósio Brasileiro de Forragicultura e Pastagens, 1, 2000, Lavras. **Temas em Evidências**. Universidade Federal de Lavras, Lavras, p. 149-177, 2000.

CRUZ, C. D. Genes Software-extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 38, p. 547-552, out/dez. 2016.

FAGEIRA, N. K. The use of nutrient. In. Crop Plant. Boca Raton. **CRC Press**, p. 448. 2009.

FAGUNDES, J. L; FONSECA, D. M. D; GOMIDE, J. A; JUNIOR, D. D. N; VITOR, C. M. T, MORAIS, R. V. D. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.4, p.397- 403, abr. 2005.

FERNANDES, H. J; LANA, R. P, BARONI, C. E. S; PAIVA, L. M; SOUZA, J, C. D. Transformação de Lineweaver-Burk para estimar os parâmetros de cinética de crescimento e avaliar a eficiência da resposta produtiva de forrageiras e de bovinos em condições tropicais. In: Rogério de Paula Lana. **Respostas de Animais e Plantas aos Nutrientes**. Ed. Viçosa: Editora UFV, 2015. Cap.8, p. 107-129.

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. Absorção de nutrientes. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Ed. Viçosa: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2006. Cap. 5, p. 115-152.

GONZÁLEZ, I. V. R; LEAL, E. R; MAYER, J.G. Comportamiento adsorptivo-disorptivo del lindano em um suelo agrícola. **Interciência**, Caracas, v.3, n. 4, p. 305-308, abr. 2006.

GUILHERME, L. R. G; VALE, F. R; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo: Dinâmica e disponibilidade de nutrientes**. Lavras, ESAL: FAEPE, 1995, 171 p.

HAVLIN, J.L; BEATON, J.D; TISDALE, S.L; NELSON, W.L. **Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management**. 7. ed. New Jersey: Pearson, 515 p. 2005.

IUCHI, V. L; NAVA, G; IUCHI, T. Distúrbios fisiológicos e desequilíbrios nutricionais em macieira. **Epagri, Jica**, Florianópolis. 2001, 74 p.

IWAMOTO, B. S; CECATO, U; ROBEIRO, O. L; MARI, G. C; PELUSO, E. P; LINS, T. O. J. D. A. Produção e composição morfológica do capim-Tanzânia fertilizado com nitrogênio nas estações do ano. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.30, n.2, p.530-538, mar/abr. 2014.

JORNADA, J. B. J.D. D; MEDEIROS, R. B. D; PEDROSO, C. E. D. S; SAIBRO, J. C.D; SILVA, M. A. D. Efeitos da irrigação, épocas de corte da forragem e doses de nitrogênio sobre a qualidade de sementes de milho (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, p. 10-15, mar. 2008.

LANA, R. P; GOES, R. H. T. B; MOREIRA, L. M. Application of Lineweaver-Burk data transformation to explain animal and plant performance as a function of nutrient supply. **Livestock Production Science**. V. 98, p. 219-224, dez. 2005.

LOEPPKY, H. A; COUMAN, B. E. Crop residue removal and nitrogen fertilization affects seed production in meadow bromegrass. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, n. 3, p. 450-454, maio. 2002.

LUGÃO, S. M. BERNADO; RODRIGUES, L. R. ANDRADE; ABRAHÃO, J. J. SANTOS; MALHEIROS, E. BRAGA; MORAIS, ANIBAL. Acúmulo de Forragem e eficiência de utilização do nitrogênio em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. (Acesso BRA-006998) adubadas com Nitrogênio. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**. Maringá, v. 25, n. 2, p. 371-379, abr. 2003.

MARTUSCELLO, J. A; FONSECA, D. M. D; JÚNIOR, D. D. N; SANTOS, P. M; JUNIOR, J. I. R; CUNHA, D. N. F. D. V; MOREIRA, L. D. M. Características morfogênicas e estruturais do capim-Xaraés submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 5, p.1475-1482, out. 2005.

MARTUSCELLO, J. A; SILVA, L. P. D; CUNHA, D. D. N. F. D; BATISTA, A. C. D, S; BRAZ, T. G. D. S; FERREIRA, P. S. Adubação nitrogenada em capim-Massai: Morfogênese e produção. **Ciência Animal Brasileira**. Goiânia, v. 16, n. 1, p. 1-13, jan/mar. 2015.

MOREIRA, L. D. M; MARTUSCELLO, J. A; FONSECA, D. M. D; MISTURA, C; MORAIS, R. V. D; JÚNIOR, J. I. R. Perfilamento, acúmulo de forragem e composição bromatológica do capim-braquiária adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 38, n. 9, p.1675-1684, set. 2009.

OLIVEIRA, F. L. R. D; BRAZ, T. G. S; SANTOS, M. V; FONSECA, D. M; LOPES, C. F; VIEIRA, L. M. G. Parâmetros cinéticos da resposta produtiva do capim-Piatã a adubação nitrogenada. In. **Simpósio Brasileiro de Agropecuária sustentável**, 1, 2009, Viçosa. ISSN: 2176-0772. Viçosa: Disponível em: <<https://www.simbras-as.com.br/anais-de-resumos-expandidos-2009/>>. Acesso em: 23 de agosto 2021.

OLIVEIRA, L. R; MIRANDA, G. V; LIMA, R. O; NETO, R. F; GALVÃO, J. C. C. Eficiência na absorção e utilização de nitrogênio e atividade enzimática em genótipos de milho. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 3, p. 614-621, jul/set. 2013.

OLIVEIRA, M. C. Capim-urocloa. In: KIIL, L. H. L, MENEZES, E. A. Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o semiárido brasileiro. Ed. Brasília. **Embrapa Informação Tecnológica**, 2005. cap. 6, p. 207-225.

PACCIULO, D. S. C; FERNANDES, P. B.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; SOUZA SOBRINHO, F.; CARVALHO, C. A. B. Dinâmica de crescimento de espécies de braquiária de acordo com a dose de nitrogênio e sombreamento **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, p. 270-276, fev. 2011.

PRIMAVESI, A. C; PRIMAVESSI, O; CORRÊA, L. A; CATARELLA, H; SILVA, A. G; FREITAS, A. R; VIVALD, L. J. Adubação nitrogenada em capim-coastcross: Efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n.1, p. 68-78, fev. 2004.

RIBEIRO, Y. N. **Produção de forragem, morfogênese e eficiência agrônômica do adubo em capim BRS Quênia sob doses de nitrogênio**. 2018. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Campus Tancredo de Almeida Neves, Universidade Federal de São João Del Rey, São João Del Rey, 2013.

RODRIGUES, R. C; MOURÃO, G. B; BRENNECKE, K; LUZ, P. H. D. C; HERLING, V. R. Produção de massa seca, relação folha/colmo e alguns índices de crescimento do *Brachiaria brizanta* cv. Xaraés cultivado com combinação de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n.3, p. 394-400, mar. 2008.

SANTOS, M. E. ROZALINO; FONSECA, D. M. D; BALBINO, E. M; MONNERAT, J. P. I. D. S; SILVA, S. P. D. Caracterização dos perfilhos em pastos de capim-braquiária diferidos e adubados com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 643-649, abr. 2009.

SBRISSIA, A. F; SILVA, S. C. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos e pastos de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 35-47, jan. 2008.

SILVA, C. C. F. D. BONOMO, P; PIRES, A. J. V; MARANHÃO, M. D. A; PATÊS, N. M. S; SANTOS, L. C. Características morfogênicas e estruturais de duas espécies de braquiária

adubadas com doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 657-661, abr, 2009.

SILVA, C. C. F. da. **Morfogênese e produção de braquiárias submetidos a diferentes doses de nitrogênio**. 2006. 71 f. Dissertação (Programa de pós-graduação em Zootecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2006.

SILVA, É. ERLLENS. **Fitossociologia, regeneração da vegetação e qualidade de sementes em área de caatinga**. 2009. 219 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO. E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2º. Ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

TAIZ; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

VITOR, C. M. T; COSTA, P. M; VILLELA, S. D. J; LEONEL, F. D. P; FERNANDES, C. F; ALMEIDA, C. O. Características estruturais de uma pastagem de *Brachiaria decumbens* STAPF cv. Basilisk sob doses de nitrogênio. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 71, n.2, p. 176-182, fev. 2014.

ZHENG, H; LIU, Y; QIN, Y; CHEN, Y; FAN, M. Establishing dynamic thresholds for potato nitrogen status diagnosis with the SPAD chlorophyll meter. **Journal of Integrative Agriculture**, Pequim, v.14, n.1, p. 190-195, jan. 2015.