

UniRV- UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

**MANEJO DA ADUBAÇÃO COM ZINCO EM PASTAGEM DE *Urochloa*
brizantha CV. MARANDU IRRIGADA**

JORDANA FÁTIMA CARVALHO MORAES

Magister Scientiae

RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL

2024

JORDANA FÁTIMA CARVALHO MORAES

**MANEJO DA ADUBAÇÃO COM ZINCO EM PASTAGEM DE *Urochloa brizantha*
CV. MARANDU IRRIGADA**

**Dissertação apresentada à UniRV - Universidade de
Rio Verde, como parte das exigências do Programa de
Pós- Graduação em Produção Vegetal, para à obtenção
do título de *Magister Scientiae*.**

**RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL
2024**

Universidade de Rio Verde
Biblioteca Luiza Carlinda de Oliveira
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – (CIP)

M821m Moraes, Jordana Fátima Carvalho

Manejo da adubação com Zinco em pastagem de *Urochloa brizantha* CV. Marandu Irrigada. / Jordana Fátima Carvalho Moraes. – 2024.
34 f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Veridiana Cardozo Gonçalves Cantão.
Coorientador: Prof. Dr. Gilmar Oliveira Santos.

Dissertação (Mestrado) — Universidade de Rio Verde - UniRV, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia, 2024.

Contém índice de figuras e tabelas.

1. Forrageira. 2. Micronutriente. 3. Nutrição do solo. 4. *Urochloa brizantha*. 5. Adubação. I. Cantão, Veridiana Cardozo Gonçalves. II. Santos, Gilmar Oliveira. III. Título.

CDD: 631.8

Bibliotecário: Juatan Tiago da Silva – CRB 1/3158

JORDANA FÁTIMA CARVALHO MORAES

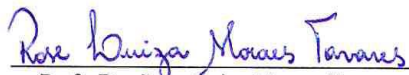
MANEJO DA ADUBAÇÃO COM ZINCO EM PASTAGEM DE UROCHLOA
BRIZANTHA CV. MARANDU IRRIGADA

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de
Rio Verde, como parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção
do título de *Magister Scientiae*.

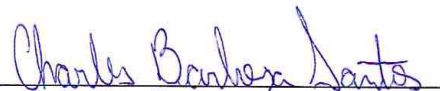
APROVAÇÃO: 17 de abril de 2024



Prof. Dra. Veridiana Cardozo Gonçalves Cantão
Presidente da Banca Examinadora
Membro – FA/UniRV



Prof. Dra. Rose Luiza Moraes Tavares
Membro - FA/UniRV



Prof. Dr. Charles Barbosa Santos
Membro - FA/UniRV



Prof. Dr. Lucas Anjos de Souza
Membro Externo – IF Goiano/Rio Verde

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, que me guiou e fortaleceu em todos os momentos dessa trajetória.

Aos meus pais, Luciano e Selmirene, por tudo que fazem em prol da realização de meus sonhos.

À minha orientadora, Veridiana Cardozo Gonçalves Cantão, que me apoiou, encorajou e deu todo suporte necessário nesta etapa de minha vida acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela oportunidade de aprendizado e crescimento, tanto profissional como pessoal.

Ao curso de Mestrado em Produção Vegetal da Universidade de Rio Verde (UniRV).

À minha orientadora, Dra. Veridiana Cardozo Gonçalves Cantão, por todos os ensinamentos, pela paciência, persistência, atenção e compreensão que teve, por estar a todo momento presente e por ser essa pessoa que inspira a todos à sua volta. Sou grata por ser sua orientada.

Ao meu coorientador, Dr. Gilmar Oliveira Santos, por ter me dado a oportunidade de conduzir o experimento e pelo seu tempo concedido a me ajudar durante toda a minha caminhada no mestrado.

À minha família, por estar comigo nesta jornada. Cada oração, cada ajuda, cada ensinamento me fizeram chegar até aqui, por isso, sou eternamente grata.

Aos membros da banca examinadora deste trabalho, por aceitarem o convite em contribuir com o aperfeiçoamento da redação do presente estudo.

A todos os alunos que, de alguma forma, ajudaram com o experimento.

Aos Doutores Gustavo Simon e Augusto Matias de Oliveira, pelo suporte no desenvolvimento do trabalho.

Aos colaboradores do laboratório multiusuários, Eduardo e Rodrigo, por toda a ajuda com as análises do experimento.

A todos os Docentes da Universidade de Rio Verde, que me agregaram conhecimentos durante o período em que fui discente do PPGPV.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro concedido.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	5
3.1 Caracterização climática.....	5
3.2 Instalação do experimento.....	7
3.3 Aplicação dos tratamentos.....	8
3.4 Irrigação.....	8
3.5 Avaliações.....	9
3.6 Estatística.....	9
4 RESULTADOS.....	10
5 DISCUSSÃO.....	15
6 CONCLUSÕES.....	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Temperaturas, radiação solar e fotoperíodo durante o desenvolvimento do estudo.....	6
FIGURA 2	Precipitação, evapotranspiração de referência e irrigação durante o desenvolvimento do estudo.....	6
FIGURA 3	Altura (A), massa fresca (B) e seca (C) de parte aérea de plantas de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu em diferentes épocas de corte.....	11
FIGURA 4	Índice de clorofila <i>a</i> (A), índice de clorofila <i>b</i> (B) e produtividade (C) de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu em diferentes épocas de corte.....	11
FIGURA 5	Teores de zinco em plantas de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu submetidas a adubações com zinco em diferentes épocas de corte.....	12
FIGURA 6	Teores de fósforo (A), potássio (B), enxofre (C), manganês (D) e cobre (E) em plantas de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu em função das épocas de corte.....	13
FIGURA 7	Efeito das adubações no teor de manganês de plantas de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu.....	14
FIGURA 8	Efeito das adubações no teor de lignina em plantas de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu.....	15

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Análise química e física do solo da área experimental.....	7
TABELA 2	Resumo da análise de variância para altura, teores de clorofila <i>a</i> (Clor <i>a</i>) e <i>b</i> (Clor <i>b</i>), massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) de parte aérea, teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, proteína bruta (PB) e produtividade (Prod) de plantas de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu submetidas a adubações com zinco em diferentes épocas de cortes.....	10
TABELA 3	Efeito da adubação em cada época de corte no teor de zinco (mg kg^{-1}) de plantas de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu.....	13
TABELA 4	Resumo da análise de variância para fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), lignina e relação C/N (C/N) de plantas de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu submetidas a adubações com zinco.....	14

RESUMO

MORAES, J. F. C., UniRV – Universidade de Rio Verde, abril de 2024. **Manejo da adubação com zinco em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu irrigada.** Orientador: Profa. Dra. Veridiana Cardozo Gonçalves Cantão. Coorientador: Prof. Dr. Gilmar Oliveira Santos.

A pecuária é hoje uma das atividades econômicas mais importantes do Brasil e grande parte é realizada em regime de pastagem. O Brasil apresenta muitas plantas com características específicas que as tornam indicadas para a formação de pasto, dentre este grupo têm-se as de *Urochloa*, que é o gênero mais cultivado no Brasil. A água e a adubação são dois fatores relevantes na produção de pastagem de qualidade. Assim, objetivou-se avaliar o manejo da adubação com zinco (Zn) em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu irrigada. O trabalho foi conduzido em condições de campo na Universidade de Rio Verde. O experimento foi desenvolvido em delineamento em blocos casualizados com medidas repetidas no tempo, com quatro repetições. Foram realizadas quatro formas de aplicação de Zn, sendo: controle (sem aplicação de Zn), 5 kg ha⁻¹ via solo, 5 L ha⁻¹ via foliar e 2,5 kg ha⁻¹ via solo + 2,5 L ha⁻¹ foliar e realizou-se os cortes aos 28, 56, 84, 112, 140 e 168 dias. Avaliou-se: altura de plantas, clorofila *a* e *b*, massa fresca e seca da parte aérea, produtividade, teor de nutrientes foliar, proteína bruta, relação C/N, fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) e lignina. O presente trabalho mostrou que a adubação com zinco é benéfica para a qualidade de plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu irrigadas. Tendo o melhor resultado com a adubação realizada via solo e solo + foliar. Os teores de FDN, FDA e relação C/N não foram influenciados pela forma de adubação com Zn. A temperatura e o fotoperíodo são fatores limitantes da qualidade e produtividade. Além disso, os resultados demonstraram que diferentes épocas de cortes contribuem para um bom manejo nutricional para o animal, pois cada um dos nutrientes analisados estava na sua maior concentração em diferentes épocas.

Palavras-chave: Forrageira; micronutriente; nutrição; solo; foliar.

ABSTRACT

MORAES, J. F. C., UniRV – University of Rio Verde, April 2024. **Management of zinc fertilization in *Urochloa brizantha* cv. Marandu Irrigated.** Advisor: Profa. Dra. Veridiana Cardozo Gonçalves Cantão. Co-advisor: Prof. Dr. Gilmar Oliveira Santos.

Livestock farming is today one of the most important economic activities in Brazil and much of it is carried out on pasture. Brazil has many plants with specific characteristics that make them suitable for pasture formation and, among this group, there is *Urochloa*, which is the most cultivated genus in Brazil. Water and fertilization are two relevant factors in the production of quality pasture. Thus, the objective was to evaluate the management of zinc (Zn) fertilization in *Urochloa brizantha* cv. Marandu irrigated. The work was conducted under field conditions at University of Rio Verde. The experiment was developed in a randomized block design with repeated measurements over time, with four replications. Four forms of Zn application were carried out: control (without Zn application), 5 kg ha⁻¹ via soil, 5 L ha⁻¹ via foliar and 2.5 kg ha⁻¹ via soil + 2.5 L ha⁻¹ leaf, and cuts were made at 28, 56, 84, 112, 140 and 168 days. The following factors were evaluated: plant height, chlorophyll *a* and *b*, fresh mass and dry mass of the aerial part, productivity, leaf nutrient content, crude protein, C/N ratio, neutral detergent fibers (NDF) and acid (FDA), and lignin. The present work showed that zinc fertilization is beneficial for the quality of *U. brizantha* cv. Marandu irrigated. Having the best results with fertilization carried out via soil and via soil + leaf. The levels of NDF, ADF and C/N ratio were not influenced by the form of zinc fertilization. Temperature and photoperiod are limiting factors for quality and productivity. Furthermore, the results demonstrated that different cutting times contribute to good nutritional management for the animal, as each of the nutrients analyzed were at their highest concentration at different times.

Keywords: Forage; micronutrient; nutrition; ground; leaf.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta aproximadamente 82% da produção de carne bovina produzida nas áreas destinadas ao cultivo de pastagens. Atualmente, as pastagens brasileiras ocupam cerca de 154 milhões de hectares (ABIEC, 2023). Para uma boa produtividade animal, é necessária uma pastagem com alta qualidade que atenda à demanda nutricional do animal, fornecendo vitaminas, minerais, proteínas e energia. Além disso, é essencial um bom manejo da adubação, preconizando o fornecimento e o balanceamento ideal dos nutrientes para alcançar altos patamares produtivos das forrageiras (HERNANDES et al., 2009), escolha correta da forrageira e das condições climáticas adequadas.

Os solos do cerrado possuem baixos teores de nutrientes para o crescimento das plantas (LOPES e COX, 1977), a exemplo do zinco (Zn), que é um micronutriente limitante ao desenvolvimento de pastagens (VENDRAME et al., 2007). O Zn possui funções importantes na manutenção da estrutura e função da síntese de proteínas, expressão gênica, estrutura de enzimas, produção de energia, ciclo de Krebs, metabolismo de carboidratos e auxinas, fotossíntese, além do impacto positivo no rendimento das culturas (SUGANYA et al., 2021).

O Brasil possui espécies com características adequadas para a formação de pasto, entre as quais se tem as do gênero *Urochloa*, o mais cultivado no Brasil, pois apresenta facilidade e rapidez na adaptação das condições edafoclimáticas do país. Dentre as espécies do gênero *Urochloa*, a *Urochloa brizantha* cv. Marandu (syn. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu) exhibe bons índices de produção primária, vitalidade e capacidade de produção de sementes. Isto a torna uma planta adequada para formação de pastagens, em pequenas e grandes áreas, destinadas a atender todos os ruminantes, de maneira que esta categoria possa atingir o máximo potencial de produção, sendo uma forrageira com bom valor nutritivo (GERMANO et al., 2018; EUCLIDES et al., 2019; GURGEL et al., 2020; HEIMBACH et al., 2020).

A região Centro-Oeste do Brasil normalmente apresenta redução das chuvas em um período de cinco a seis meses durante o ano, condicionando, assim, a estacionalidade de produção de forragem em espécie de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Isto se deve à desaceleração no fluxo de tecidos e mortalidade de perfilhos (SBRISSIA et al., 2010). Desta forma, o uso de práticas de manejo que minimizem o impacto negativo nos períodos de escassez hídrica na produção de biomassa da planta é extremamente necessário.

Dificilmente são adotadas práticas de manejo nutricional e hídrico no cultivo de pastagens. Em raras situações, as recomendações para o manejo da fertilidade do solo e

necessidade hídrica das pastagens são levadas em consideração. Nota-se que as áreas cultivadas com pastagem apresentam relevância no cenário de produção do Brasil, sobretudo em Goiás. Assim, objetivou-se avaliar o manejo da adubação com Zn em pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu irrigada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A *Urochloa brizantha* cv. Marandu, conhecida como braquiária, foi a primeira cultivar encontrada no mercado, objetivando diversificar as pastagens na década de 80. Esta planta apresenta crescimento cespitoso e forma touceiras bem definidas, sendo classificada como perene. Apresenta como características principais: bainha foliar do tipo glabra ou pilosa; lígula branca e hialina, formada por curto anel de membrana; lâmina foliar desenvolvida, lanceolada e ápice acuminado (RODRIGUES, 2004; BARBOSA et al. 2018). Apresenta alta plasticidade fenotípica às adversidades edafoclimáticas do Brasil e demonstra tolerância à acidez no solo, alta resposta à adubação, sistema radicular profundo e resistente das pastagens. Entretanto, apresenta baixa perenidade a solos mal drenados (JANK et al., 2014).

No cultivo de pastagens, são dificilmente usados corretivos e/ou fertilizantes, o que tem estagnado o potencial de produção de forragem, pois os solos brasileiros normalmente apresentam alta acidez e fertilidade natural baixa. Neste cenário, práticas que visem melhorar as condições químicas, físicas e biológicas do solo deveriam fazer parte da rotina no setor da pecuária (REIS et al., 2014).

A *Urochloa brizantha* cv. Marandu apresenta demanda nutricional muito variável com a época do ano e com o manejo geral da pastagem, sendo a quantidade de nutrientes extraída do solo pela planta maior quanto maior for a produção de forragem (WERNER et al., 1997). As pastagens irrigadas normalmente têm maior demanda por nutrientes, pois a irrigação aumenta geralmente a produtividade do pasto (ALVIM et al., 1986).

Além disso, essa cultivar pertence às gramíneas conservadoras de recursos abióticos (RODRIGUES et al., 2012; BARBOSA et al., 2018), pois apresenta bons índices de produtividade de massa de forragem em solos com saturação de base variando de 40-50%, demandando aproximadamente 100 kg ha⁻¹ de N, e 50-80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O em Latossolos Brunos de textura argilosa e muito argilosa (EUCLIDES et al., 2019; MENEZES et al., 2019).

O manejo da fertilidade inadequado, sem o uso de corretivos e fertilizantes, acarreta o aparecimento de pragas e doenças que causam sérios danos nas pastagens.

A literatura mostra que existe a necessidade de repor nutrientes no solo, principalmente P, K, S e micronutrientes. Além disso, deve-se adotar as práticas de calagem e gessagem periodicamente para alcançar bom desempenho da forrageira (MONTAGNER, 2012).

A correção e adubação do solo permitem a manutenção da produtividade dos pastos, evitando a degradação das pastagens. A adubação com nitrogênio garante a manutenção ou o aumento da produção de forragem durante o ano e é fundamental para que níveis de ganhos individuais e por área sejam mantidos (MONTAGNER, 2012).

A água é apontada como o principal fator no desenvolvimento das culturas e a instabilidade na distribuição das chuvas em algumas regiões pode ser uma restrição ao desenvolvimento agrícola (DRUMOND, 2003). Nestes locais, o uso de sistemas de irrigação tem crescido muito para utilização como alternativa de tecnologia eficiente para suprir a deficiência hídrica nos períodos de estiagem. Isto contribui para o aumento da capacidade de produção de biomassa das forrageiras. Vale destacar que a resposta na capacidade produtiva em função da irrigação está ligada diretamente aos fatores climáticos (ALENCAR et al., 2009).

A gestão da água na irrigação das pastagens é influenciada por fatores meteorológicos, que definem o quanto irrigar, tais como a frequência, a lâmina e o tipo de aplicação (MENDES et al., 2017). Apesar de expor exigência moderada em fertilidade do solo, no período de estiagem, em condições de sequeiro, é observada uma redução de 70% na produção de forragem (EUCLIDES et al., 2008) quando há restrição hídrica.

O desconhecimento técnico na irrigação de pastagens resulta em aplicações excessivas de água, acarretando prejuízos ao ambiente, como o alto consumo de energia elétrica, lixiviação de nutrientes, compactação do solo e redução da produtividade e vida útil da pastagem (ALENCAR et al., 2009). A demanda de água da cultura é determinada por elementos e fatores meteorológicos, que permitem estimar a real necessidade hídrica da planta, conhecida como evapotranspiração máxima da cultura (ET_c) que leva em consideração o coeficiente de cultivo.

Na *Urochloa brizantha* cv. Marandu, Magalhães et al. (2015) evidenciaram que a reposição de 50% da evapotranspiração máxima da cultura promove aumentos nas proporções de matéria seca, massa de folha e colmo, além disso, também são mensurados acréscimos na concentração de fibra em detergente neutro. Porém, a reposição hídrica não influencia na concentração de proteína bruta.

Silva et al. (2014) observaram em *Urochloa decumbens* que baixos valores de evapotranspiração associados à alta drenagem no solo induzem a planta ao estresse hídrico e,

possivelmente, neste cenário, o suprimento via irrigação não promoverá efeitos positivos. Portanto, como estratégia para reverter isso, é necessário associar outras técnicas de manejo para poderem potencializar as vantagens do projeto de irrigação, aumentando a cobertura de solo (palhada) e deposição de matéria orgânica.

A qualidade da forragem está associada aos teores de proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN) na biomassa. Estas variáveis são influenciadas pela quantidade de nitrogênio aplicado e pela estacionalidade (VITOR et al., 2009). Em períodos menos chuvosos, a baixa disponibilidade de água no solo causa baixa eficiência da adubação nitrogenada, resultando em menor produção e qualidade da forragem (DIFANTE, 2011; TORRES et al., 2016). A estacionalidade, por sua vez, determina a idade do pasto no momento de sua utilização e sua produtividade; a composição folha/colmo, por sua vez, interfere no valor nutritivo da forragem, uma vez que, quanto menor a proporção de massa seca de folha, será provavelmente observado menor valor nutritivo no dossel forrageiro (EUCLIDES et al., 2019).

A FDN corresponde à celulose, hemicelulose e lignina. Esta é a melhor estimativa da qualidade da forrageira. A lignina é a parte menos digestível da forragem, pois ela é quem dá resistência e proteção física para a planta. Entretanto, quanto maior a concentração de fibra e tecidos lignificados, menor é a qualidade e a digestibilidade da forragem, resultando em menor ganho de peso do rebanho (RODRIGUES et al. 2015).

Diferentes valores de PB e FDN são observados no capim-marandu em função de estratégias de manejo para o seu cultivo, que variam de baixo a moderado na PB e a FDN, que não limita o consumo e o aproveitamento de forragem. O monocultivo em lotação alternada mostra valores de PB de 8,8% e FDN de 72,4% (EUCLIDES et al. 2019). Em sistema de integração lavoura-pecuária a PB é de 13,4% e a FDN de 67,9% (MAIA et al. 2014) e em consórcio com *Helianthus annuus* L, a *Urochloa brizantha* apresenta 13% de PB e 65,5% de FDN.

A boa nutrição das forragens é indispensável para que as plantas expressem seu máximo potencial produtivo. O Zn é um micronutriente significativo para a agricultura, principalmente em solos do Cerrado. Na década de 1960, foi evidenciado que a suplementação de Zn ameniza a paraqueratose em bovinos e ovinos em pastoreio (NIELSEN, 2012). Em 35 anos, foi observado que quase metade dos solos do mundo podem apresentar deficiência de Zn, causando redução no teor e na produção das plantas. Isso pode ser evitado pelo manejo da adubação com Zn (NIELSEN, 2012).

Na década de 60, Miller e Miller (1962) estudaram a deficiência de Zn em bezerros jovens da raça holandesa por meio da alimentação com uma dieta purificada que continha

somente 2,7 mg Zn kg⁻¹. O estudo apontou que os bezerros deficientes em Zn apresentaram paraqueratose grave, redução no ganho de peso e rigidez nas articulações com suave inchaço edematoso dos pés na frente dos boletos. Por outro lado, bezerros que receberam 40 mg kg⁻¹ Zn na dieta não apresentaram esta patologia.

As informações levantadas nesta revisão mostram a importância de encontrar manejos da adubação e da irrigação que permitam melhorias na produção e qualidade da pastagem. Desta forma, esses conhecimentos poderão ser explorados pelos produtores de maneira a terem maior retorno financeiro com a engorda do rebanho.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização climática

O trabalho foi desenvolvido em condições de campo na Universidade de Rio Verde (UniRV). O município pertence à região Sudoeste do estado de Goiás, Brasil, situando-se entre as coordenadas 17°15'58''S, 51°41'43''W e 18°09'38''S, 50°21'49''W e altitude média de 748 m. A região historicamente (1972 a 2016) se caracteriza com temperatura média anual de 23,7 °C, sendo, normalmente, a temperatura mínima registrada no mês de julho e a máxima em setembro. A umidade relativa do ar e precipitação média anual apresentam valores em torno de 67,4% e 1.599 mm e o brilho e radiação solar com médias diárias de 6,1 h e 17,3 MJ m⁻² d⁻¹, respectivamente (CASTRO e SANTOS, 2017).

Durante a condução do experimento houve uma temperatura máxima média de 29,4 °C e mínima de 17,2 °C. E a média do fotoperíodo e da radiação solar foram de 6,0 h e 15,4 MJ m⁻², respectivamente (Figura 1).

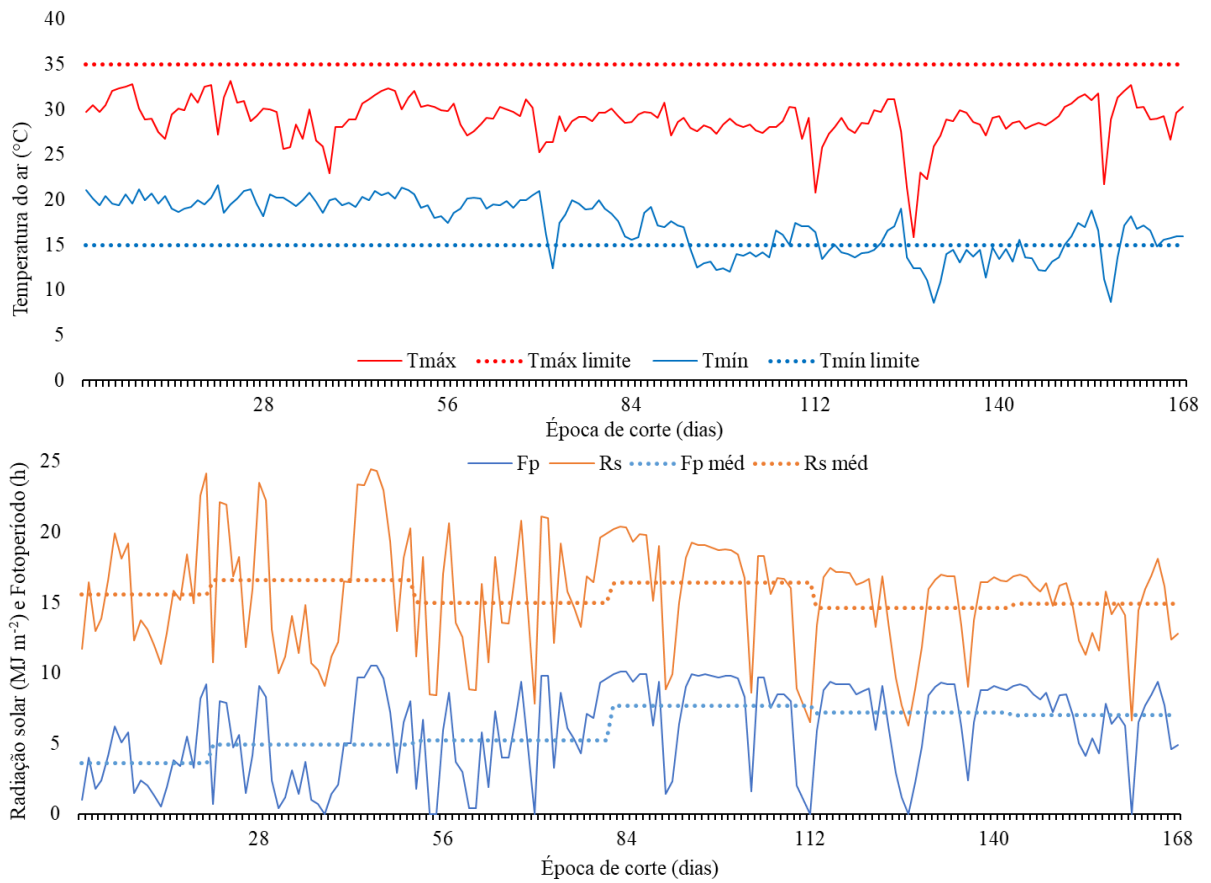


FIGURA 1 - Temperaturas, radiação solar e fotoperíodo durante o desenvolvimento do estudo.

Houve também precipitação, evapotranspiração de referência e irrigação média de 120, 92,05 e 33,83 mm, respectivamente (Figura 2).

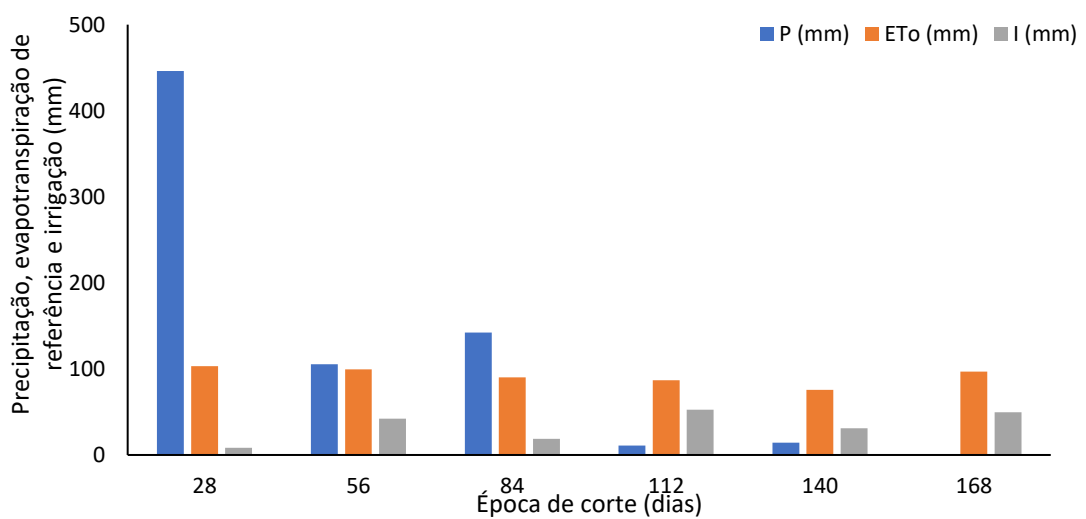


FIGURA 2 - Precipitação, evapotranspiração de referência e irrigação durante o desenvolvimento do estudo.

3.2 Instalação do experimento

A semeadura foi realizada no dia 19/04/2021 em manilhas de concreto que estavam preenchidas com um solo LATOSSOLO VERMELHO (EMBRAPA, 2018). A cultivar semeada foi a *Urochloa brizantha* cv. Marandu, o valor cultural das sementes foi de 45,76% com densidade de planta de 15 kg ha⁻¹ de semente. A semeadura foi de forma manual, distribuindo as sementes em cada manilha de forma homogênea, em seguida, foi feita uma incorporação superficial das sementes com uma profundidade de 2 a 3 cm. O corte de uniformização foi realizado 65 dias após a semeadura. Os demais cortes foram realizados a cada 28 dias.

No dia 09/02/2023 foi realizada uma adubação de manutenção com base na análise de solo (Tabela 1). O suprimento de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) foi feito por meio da aplicação de 0,7 t ha⁻¹ de calcário filler, dividida em duas aplicações, sendo uma no início do experimento e outra aos 84 dias após a montagem do experimento. A aplicação do calcário aos 84 dias foi feita após a realização do corte da forrageira. Os suprimentos de nitrogênio (N) e fósforo (P) foram feitos através da aplicação de 50 kg ha⁻¹ de ureia e 140 kg ha⁻¹ de superfosfato simples, respectivamente. O potássio (K) na camada de 0-20 cm estava com os teores adequados, não sendo preciso a aplicação de fertilizante contendo K.

TABELA 1 - Análise química e física do solo da área experimental

Profundidade m	Ca	K	Mg	Al	H+Al	K	P(Mel)	Fe	Mn	Cu
	-----cmolc dm ⁻³ -----					-----mg dm ⁻³ -----				
0-0,2 m	1,7	0,2	0,7	0,0	4,8	83,0	1,9	128,7	135,5	6,4
0,2-0,4 m	1,3	0,1	0,5	0,0	4,6	52,0	1,9	153,5	131,2	6,6
Amostra	Zn	pH	m	V	CTC	SB	Argila	Silte	Areia	M.O
	mg dm ⁻³	CaCl ₂	-----%-----		cmolc dm ⁻³		-----%-----			g kg ⁻¹
0-0,2 m	11,1	5,5	0,0	34,9	7,4	2,6	48,9	19,3	31,8	24,7
0,2-0,4 m	2,80	5,4	0,0	29,0	6,5	1,9	43,8	25,2	31,1	24,5

Ca: cálcio; K: potássio; Mg: magnésio; Al: alumínio; H+Al: acidez potencial; P: fósforo; Fe: ferro; Mn: manganês; Cu: cobre; Zn: zinco; pH: potencial hidrogeniônico; m: saturação por alumínio; V: saturação por bases; CTC: capacidade de troca de cátions; SB: soma de bases trocáveis; M.O: matéria orgânica.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com medida repetida no tempo e quatro repetições. Os tratamentos utilizados foram quatro formas de aplicação de Zn (controle sem aplicação de Zn, 5 kg ha⁻¹ via solo, 2,5 kg ha⁻¹ via solo + 2,5 L ha⁻¹ via foliar e 5 L ha⁻¹ via foliar) na pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, com cortes

realizados aos 28, 56, 84, 112, 140 e 168 dias. As aplicações de Zn foram realizadas no início do experimento e aos 84 dias após o corte da forrageira. As parcelas experimentais foram compostas por manilhas de concreto de 0,8 m de diâmetro ($0,502 \text{ m}^2$) e 0,5 m de altura ($0,251 \text{ m}^3$).

3.3 Aplicação dos tratamentos

Para o fornecimento do Zn, foi utilizada a fonte sulfato de Zn ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). As aplicações do Zn via solo foram realizadas a lanço, sem incorporação e as aplicações foliares foram feitas utilizando bomba costal de CO_2 de 6 pontas, em uma taxa de aplicação de 150 L ha^{-1} , com vazão de bicos (padrão da bomba costal) de 10 L min^{-1} , em que cada tratamento foi dosado em garrafas pet (necessária utilização de garrafas para a aplicação pois a bomba CO_2 não apresenta reservatório) e foram realizadas 10 dias após a aplicação via solo.

3.4 Irrigação

O manejo da irrigação levou em consideração a entrada de água no solo, sendo considerado o volume de chuva e a irrigação. Já a saída de água foi através da evapotranspiração da cultura (ETc). Para a capacidade de água no solo (CAD), considerou-se o volume de 50 mm. Após determinar a lâmina de irrigação através do balanço de água no solo, as irrigações atenderam a 100% da demanda da cultura (parcial no período chuvoso, ou total, no período de estiagem) com turno de rega três vezes na semana. Utilizou-se o sistema de irrigação por microaspersão com raio de molhamento de 2,5 m, sendo utilizada a relação de 2:1 (manilha: microaspersor), eficiência de molhamento de 90%, pressão de serviço de 0,4 bar e vazão média de 23 L h^{-1} .

Os dados meteorológicos para a estimativa da ETc foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023). O cálculo diário de ETc foi realizado no *software* Sistema para Manejo da Agricultura Irrigada (MARIANO et al., 2011) pelo método de Penman-Monteith (Padrão FAO). Foi adotado coeficiente de cultivo (kc) unitário ($\text{kc}=1,0$), considerando que a *Urochloa brizantha* mantém o solo com cobertura total com altura igual ou maior que 15 cm.

3.5 Avaliações

Foram realizadas avaliações no campo de altura das plantas com ajuda de uma régua, medindo do solo até a curvatura das folhas e os índices de clorofila *a* e *b* mensurados com clorofilômetro. A matéria verde (produtividade) foi definida por meio de cortes da parte aérea durante o período de março a agosto de 2023, correspondendo aos 28, 56, 84, 112, 140 e 168 dias após a aplicação dos tratamentos. Nesta operação, tomou-se o cuidado em manter a altura da pastagem em 15 cm. Isto simula um sistema de pastejo direto. Os cortes da forrageira foram realizados manualmente com auxílio de cutelos a 15 cm de altura em relação à superfície do solo.

Após o corte da forrageira, retirou-se amostras que foram pesadas frescas para pesar a massa fresca da parte aérea (MFPA) e, em seguida, foram levadas à estufa com circulação de ar forçada a 65 °C até que atingissem peso constante para pesar a massa seca da parte aérea (LACERDA et al., 2009). Após pesada, a massa seca de parte aérea (MSPA) foi moída e utilizada para determinação dos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) por digestão úmida via nitro perclórica e nitrogênio por digestão sulfúrica (SILVA, 2009).

Também foram quantificados os teores de proteína bruta (PB), relação carbono/nitrogênio (C/N), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) com ácido sulfúrico a 72%, de acordo com Silva e Queiroz (2002).

3.6 Estatística

Os dados foram submetidos ao teste de Mauchly para verificar a esfericidade e, posteriormente, a análise de variância de medidas repetidas através do ajuste dos dados a um modelo misto. Quando significativo, as médias do fator quantitativo (épocas de corte) foram submetidas à análise de regressão e as do qualitativo (formas de adubação) foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). As análises foram realizadas no *software* R versão 4.3.2, utilizando o pacote *easyanova* (ARNHOLD, 2013).

4 RESULTADOS

As formas de adubação com Zn interagiram significativamente com as épocas de corte nos teores de Fe e Zn das plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu (Tabela 2). As formas de adubações se diferenciam nos teores de Mn e Zn e a época de corte influenciou significativamente em todas as variáveis analisadas (Altura, clorofila *a* e *b*, MFPA, MSPA, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, PB e produtividade) (Tabela 2).

TABELA 2 - Resumo da análise de variância para altura, teores de clorofila *a* (Clor *a*) e *b* (Clor *b*), massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) de parte aérea, teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, proteína bruta (PB) e produtividade (Prod) de plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu submetidas a adubações com zinco em diferentes épocas de cortes

Variáveis	Adubação (A)	Época de corte (EC)	A X EC	Bloco	CV a%	CV b %
NumDF	3	5	15	3	-	-
DemDF	9	60	60	9	-	-
Altura1	0,6	< .0001	0,8	0,2	19,2	24,5
Clor a2	0,2	0,0095	0,7	0,1	21,4	25,6
Clor b1	0,2	<.0001	0,4	0,3	28,6	32,7
MFPA1	0,1	<.0001	0,3	0,4	13,0	29,2
MSPA1	0,6	<.0001	0,9	0,1	17,5	27,3
N1	0,4	0,0029	0,5	0,3	10,6	14,8
P1	0,1	<.0001	0,4	0,9	14,2	8,1
K1	0,8	<.0001	0,5	0,3	11,8	19,6
Ca1	0,5	<.0001	0,4	0,4	40,4	23,3
Mg2	0,3	<.0001	0,9	0,2	17,3	22,5
S3	0,9	<.0001	0,8	0,1	33,8	20,1
Fe1	0,1	<.0001	<.0001	0,3	25,7	17,4
Mn4	0,005	<.0001	0,5	0,2	14,5	15,8
Cu4	0,2	<.0001	0,5	0,4	16,9	20,8
Zn1	<.0001	<.0001	<.0001	0,7	43,0	10,1
PB1	0,4	0,0004	0,4	0,5	13,6	13,4
Prod1	0,6	<.0001	0,9	0,1	17,5	27,3

NumDF: Grau de liberdade do numerador; DemDF: Grau de liberdade do denominador; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; S: enxofre; Fe: ferro; Mn: manganês; Cu: cobre; Zn: zinco; PB: proteína bruta; Prod: produtividade; CV: Coeficiente de variação; ^{1, 2, 3 e 4} Teste de significância (teste F, $p < 0,05$) considerando a estrutura autorregressiva de primeira ordem heterogênea, simetria composta, covariância não estruturada e autorregressiva de primeira ordem, respectivamente.

As plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu tiveram maior altura (Figura 3A) aos 56 dias e massa fresca (Figura 3B) e seca (Figura 3C) de parte aérea no corte realizado aos 28 dias.

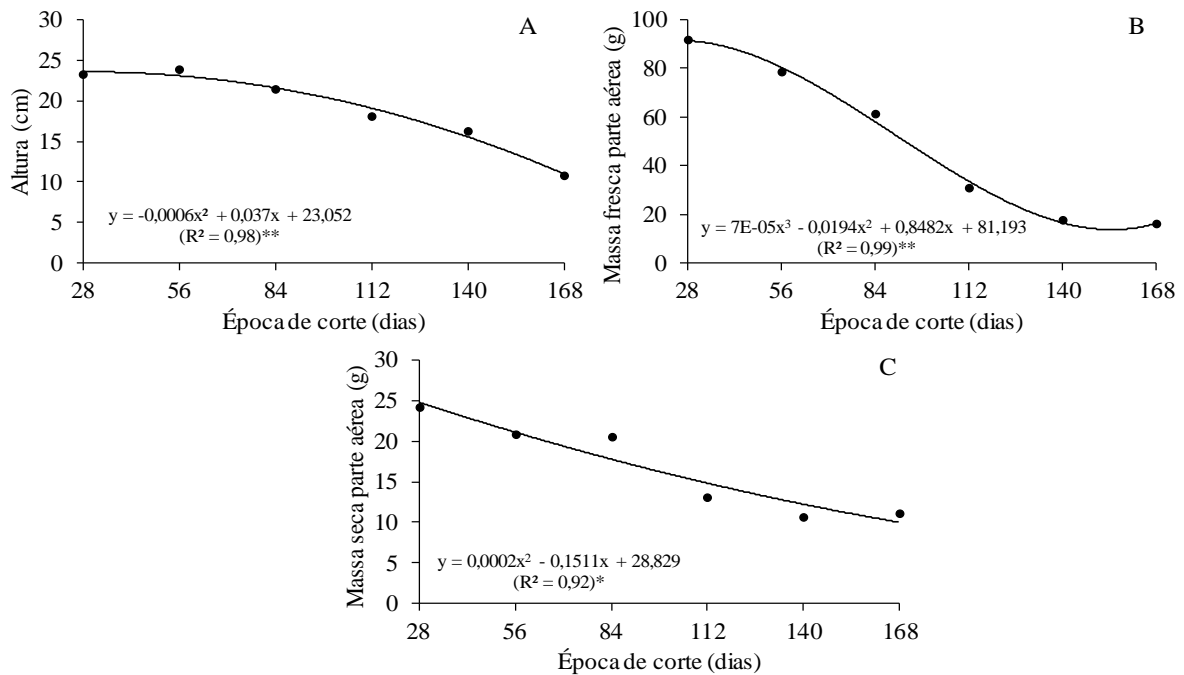


FIGURA 3 - Altura (A), massa fresca (B) e seca (C) de parte aérea de plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em diferentes épocas de corte.

No corte realizado aos 28 dias, as plantas de braquiária também tiveram maiores índices de clorofila *a* (Figura 4A) e *b* (Figura 4B) e produtividade (Figura 4C), que foram de 29,2, 9,2 e 2.692,7 kg ha⁻¹, respectivamente.

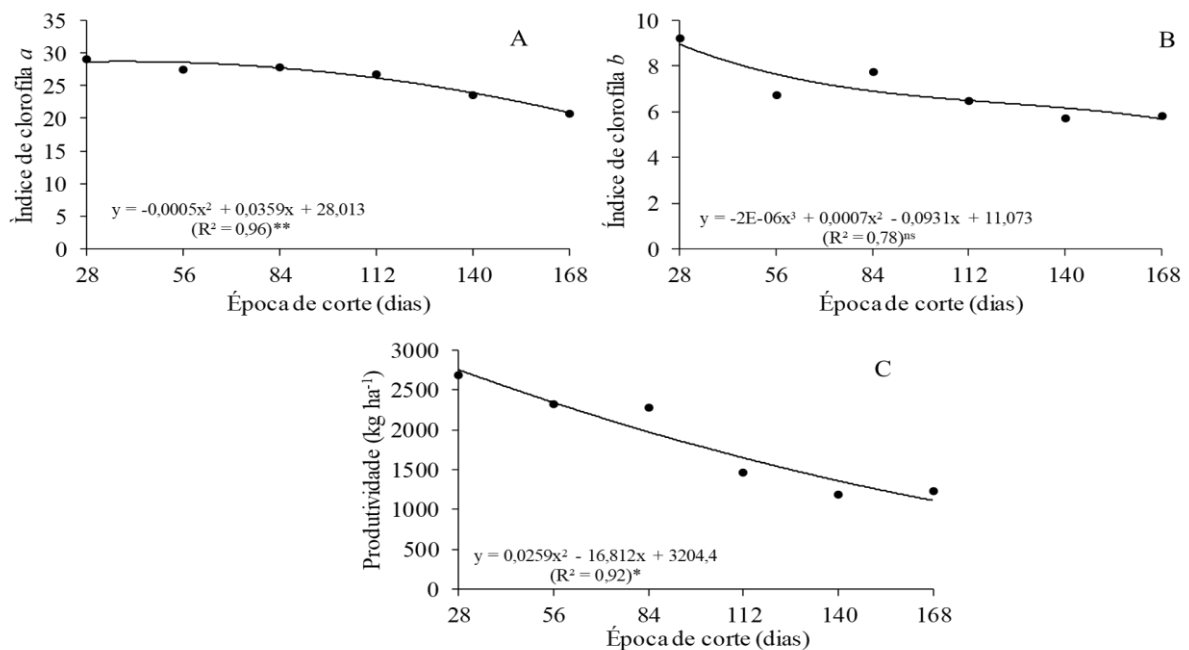


FIGURA 4 - Índice de clorofila *a* (A), índice de clorofila *b* (B) e produtividade (C) de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em diferentes épocas de corte.

As épocas de corte não se ajustaram a nenhum modelo para o Fe, mas o maior teor (686,7 mg kg⁻¹) foi alcançado aos 84 dias. Os teores de Zn das plantas de *Urochloa brizantha* no tratamento controle sem a adubação de Zn e no Zn aplicado via foliar ajustaram-se ao modelo quadrático, em que suas maiores respostas foram aos 168 dias, enquanto as adubações via solo e solo + foliar não apresentaram diferença significativa (Figura 5).

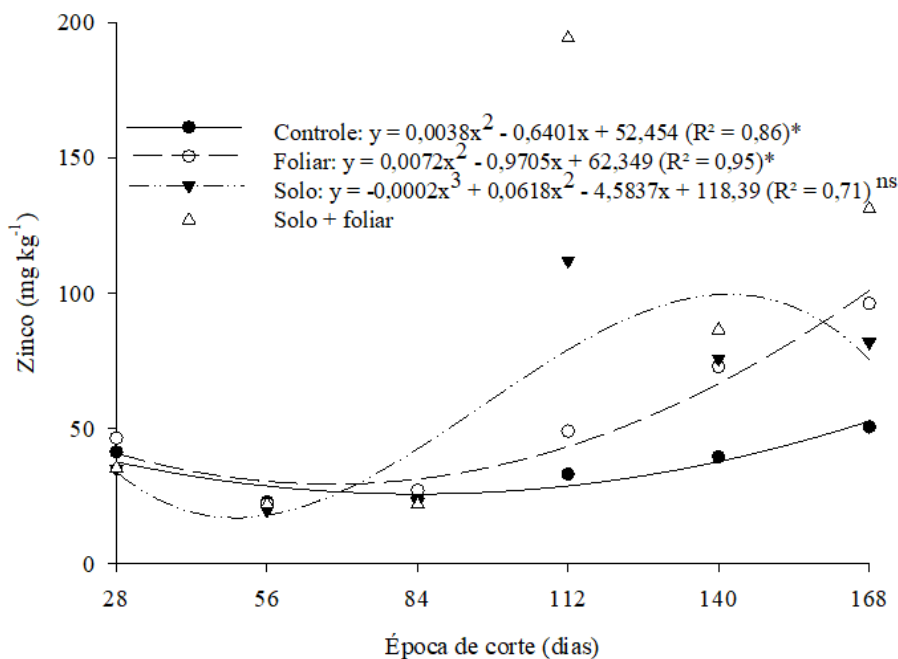


FIGURA 5 - Teores de zinco em plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu submetidas a adubações com zinco em diferentes épocas de corte.

Não houve diferença significativa no teor de Zn entre as adubações aos 28, 56 e 84 dias (Tabela 3). Já aos 112 dias, o tratamento solo + foliar teve melhor resposta (194,0 mg kg⁻¹). Aos 140 dias os melhores tratamentos foram foliar, solo e solo + foliar, promovendo um teor de Zn de 72,8, 75,8 e 86,4 mg kg⁻¹, respectivamente, e aos 168 dias, com um teor de 131,2 mg kg⁻¹, a adubação via solo + foliar resultou em teores de Zn mais altos (Tabela 3).

TABELA 3 - Efeito da adubação em cada época de corte no teor de zinco (mg kg^{-1}) de plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu

Adubação	Época de corte (dias)					
	28	56	84	112	140	168
Controle	41,3 a	22,4 a	24,3 a	33,1 c	39,5 b	50,6 c
Foliar	46,4 a	22,2 a	27,1 a	49,0 c	72,8 a	96,2 b
Solo	34,9 a	19,8 a	24,2 a	112,1 b	75,8 a	81,9 b
Solo + Foliar	35,4 a	21,9 a	21,9 a	194,3 a	86,4 a	131,2 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os teores de N, Ca e Mg das plantas não se ajustaram a nenhum modelo matemático, no entanto, os maiores teores (2,2, 1,2 e $0,5 \text{ dag kg}^{-1}$, respectivamente) foram obtidos nos cortes realizados aos 56, 140 e 56 dias, respectivamente. O P (Figura 6A) e o Cu (Figura 6E) ajustaram-se ao modelo linear crescente e o teor de K (Figura 6B) ajustaram-se ao modelo linear crescente e o teor de K (Figura 6B) se ajustou ao modelo cúbico, com maior teor no corte realizado aos 28 dias. Já para o S (Figura 6C) e Mn (Figura 6D) não houve diferença significativa entre as épocas de corte.

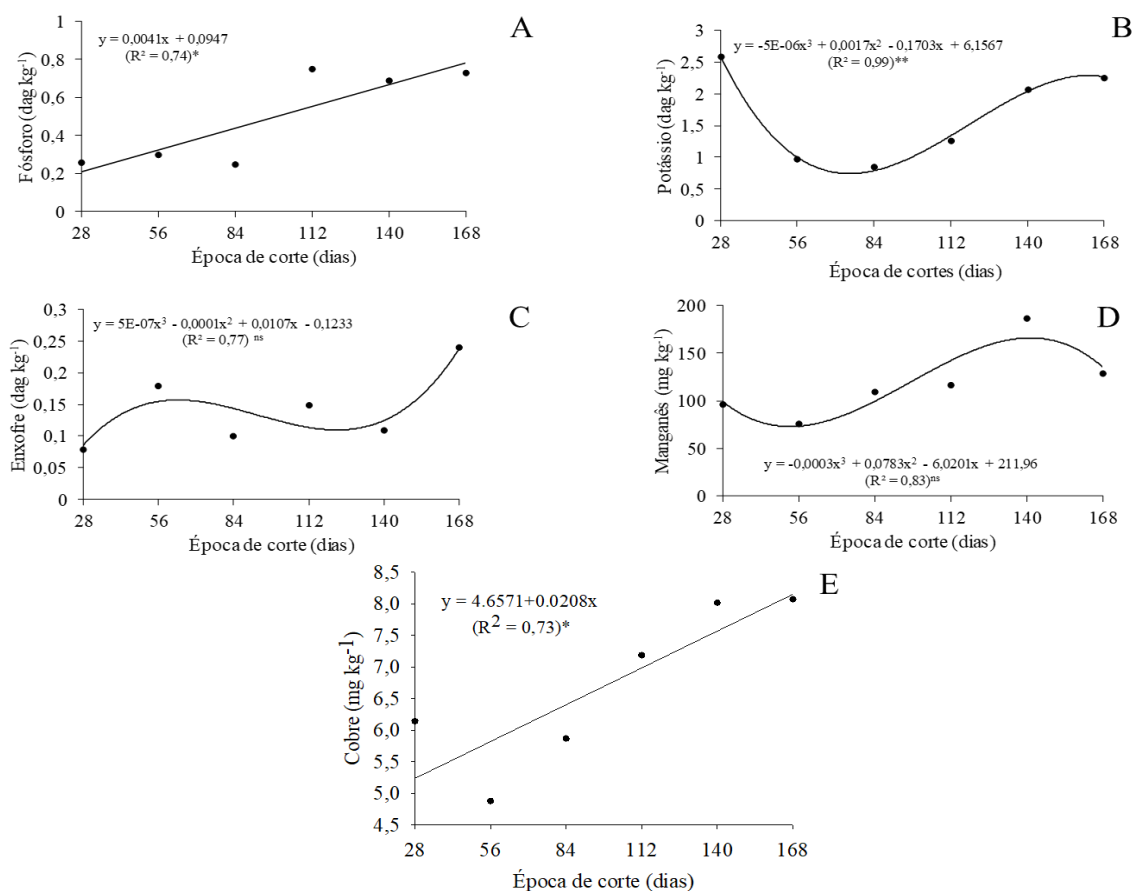


FIGURA 6 - Teores de fósforo (A), potássio (B), enxofre (C), manganês (D) e cobre (E) em plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em função das épocas de corte.

Os teores mais altos de Mn foram obtidos nas plantas adubadas sem Zn (controle) e com Zn aplicado via solo, com teores de 123,8 e 131,3 mg kg⁻¹, respectivamente (Figura 7).

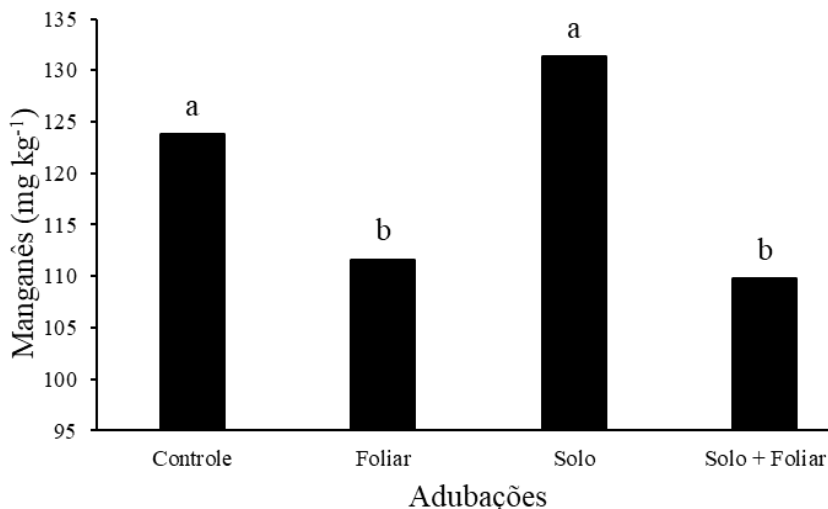


FIGURA 7 - Efeito das adubações no teor de manganês de plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

As adubações com Zn influenciaram significativamente no teor de lignina das plantas de braquiária (Tabela 4). As fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) e relação C/N não sofreram influência das adubações.

TABELA 4 - Resumo da análise de variância para fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), lignina e relação C/N (C/N) de plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu submetidas a adubações com zinco

Fonte de variação	GL	FDN	FDA	Lignina	C/N
Adubação	3	1,5 ^{ns}	0,6 ^{ns}	1,1 [*]	12,7 ^{ns}
Bloco	3	5,1 ^{ns}	2,9 ^{ns}	0,3 ^{ns}	2,3 ^{ns}
Resíduo	9	1,8	1,3	0,3	6,9
CV (%)		2,0	3,3	20,9	6,4

GL: grau de liberdade; * diferença significativa a 5%; ^{ns} não significativo; CV: coeficiente de variação.

As braquiárias adubadas sem Zn (controle) e com Zn aplicado via solo + foliar tiveram maior porcentagem de lignina em relação às que foram adubadas somente via solo ou foliar (Figura 8).

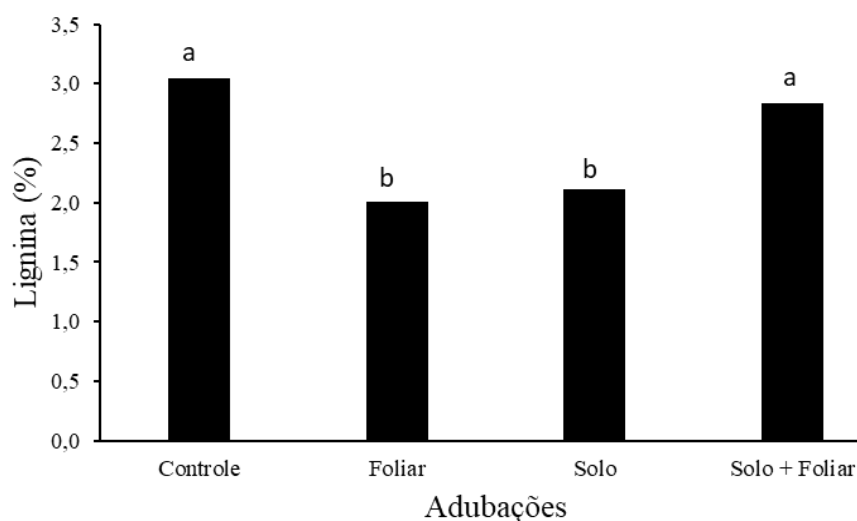


FIGURA 8 - Efeito das adubações no teor de lignina em plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

5 DISCUSSÃO

No geral, para as características morfofisiológicas (massa fresca e seca da parte aérea, índices de clorofila *a* e *b* e produtividade) as melhores respostas foram obtidas no primeiro corte, aos 28 dias. No primeiro corte, realizado em março, as temperaturas mínima e máxima estavam dentro do limite adequado (19,9 e 30,4 °C, respectivamente) para o desenvolvimento das plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu (Figura 1). Já nos meses seguintes, em que foram realizados os demais cortes, houve uma redução da temperatura mínima, a qual, em alguns momentos, ficou abaixo do adequado, o que prejudica o desenvolvimento das plantas. Esmaili e Salehi (2012) também observaram que a grama bermuda sofreu redução na altura e no peso seco da parte aérea quando submetida a baixa temperatura.

A faixa de temperatura na qual as plantas estão expostas afeta diretamente o seu desenvolvimento e crescimento (LI et al., 2020). Temperaturas baixas e altas podem influenciar negativamente o crescimento e a produtividade das plantas (YADAV, 2010), sendo a faixa ideal entre 15 °C e 35 °C (EMBRAPA,2006). Existe um fenômeno chamado de aclimação ao frio, que consiste na sobrevivência das plantas ao estresse de baixa temperatura devido a alterações significativas nos processos moleculares e físico-químico, como: absorção de água, reações metabólicas e desidratação celular (ASHRAF et al., 2018).

A aplicação de Zn via solo + foliar aumentou o teor de Zn ($194,2 \text{ mg kg}^{-1}$) em plantas de braquiária aos 112 dias (Tabela 3). Outro trabalho mostrou que o incremento de doses de Zn provoca aumento no teor e conteúdo de Zn nas folhas de *Cordia goeldiana* (FERNANDES et al., 2007). De acordo com McDowell (1992), em pastagem, a concentração crítica de Zn é de 30 mg kg^{-1} de matéria seca. O aumento de Zn nas pastagens é essencial para os animais, pois a deficiência desse nutriente está associada a paraqueratose, além da redução de peso e rigidez das articulações em bovinos (MILLER e MILLER, 1962).

O P ajustou-se ao modelo linear crescente (figura 6A). Isso se deve ao fato de que o P não teve tempo hábil para se tornar não lábil, pois foi realizada calagem no início e na metade do experimento. Fernandes et al. (2007), avaliando plantas de feijó, notaram que o P promoveu aumento linear nos teores e conteúdo de P das plantas.

Para o K, houve uma tendência de aumentar a absorção com o aumento das épocas de corte (Figura 6B), isso provavelmente se deve à redução da temperatura mínima, que em algumas épocas ficou abaixo da temperatura mínima adequada (Figura 1). O K tem efeito na mitigação dos efeitos do frio (DEVI et al., 2012), então as plantas podem ter aumentado a absorção de K para reduzir os danos do frio. Com o aumento dos níveis de antioxidantes e redução da produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) ocasionadas pelo K, tem-se aumento da sobrevivência das plantas expostas a baixas temperaturas (CAKMAK, 2005; DEVI et al., 2012).

Os teores mais altos de Mn obtidos na adubação sem Zn e no Zn aplicado via solo (Figura 6) possivelmente se devem pela disponibilidade do nutriente na solução do solo. Foy (1976) diz que a maior absorção de Mn pelas plantas ocorre quando há maior concentração de Mn na solução do solo.

Os teores de Cu apresentaram um comportamento linear crescente (Figura 6E), isso pode ser devido à calagem realizada no início e na metade da condução do experimento. A calagem provoca aumento da atividade microbiana no solo e, conseqüentemente, mineralização da matéria orgânica do solo (MOS), disponibilizando o Cu para absorção das plantas. Deluisa et al. (1996) observaram elevados teores de Cu em vinhedos, ocorridos pelo fato de os íons de Cu interagirem fortemente com os componentes presentes, principalmente com a MOS. Outro trabalho também mostrou que o aumento da disponibilidade dos elementos para as plantas pode ocorrer pela formação de complexos com compostos orgânicos, a exemplo da complexação do Cu por ácidos orgânicos de baixo peso molecular (BAYER et al., 2008).

A redução na porcentagem de lignina promovida pela adubação com Zn via foliar e solo (Figura 8) é um resultado interessante, pois a redução da lignina aumenta a digestibilidade da

fornageira (OLIVEIRA et al., 2011) por esta ser a parte menos digestível (RODRIGUES et al. 2015). Isso pode aumentar o ganho de peso do rebanho, pois o baixo desempenho animal está relacionado com a digestibilidade do alimento, que por sua vez está ligada à redução das vitaminas, proteínas, carboidratos solúveis e minerais, devido ao aumento nas porcentagens de lignina, celulose e hemicelulose (REIS et al., 2005; RODRIGUES et al. 2015).

As condições ambientais (luz, água e temperatura) e o adequado manejo dos nutrientes estão ligados à eficiência da produção de pastagens, sendo que esses fatores condicionam o potencial fotossintético do dossel, devido a alterações na área foliar e na habilidade fotossintética da planta (MARCELINO et al. 2006).

Além dos fatores água e adubação, a temperatura e o fotoperíodo também têm um papel fundamental na qualidade das pastagens. Em faixas de temperatura entre 10 e 15 °C o crescimento é praticamente nulo, a temperatura ideal para as pastagens de clima tropical varia de 30 a 35 °C (MCWILLIAM, 1978). De acordo com Cardoso (2001), temperaturas noturnas abaixo de 15 °C não proporcionam formação de tecidos da parte aérea e atividade metabólica satisfatória. Além de baixas temperaturas, o número de horas de luz também é um fator que determina mudanças fisiológicas na forrageira, comprometendo o desenvolvimento de uma pastagem de qualidade.

Além disso, os resultados também demonstraram que diferentes épocas de cortes contribuem para um bom manejo nutricional para os animais, visto que cada um dos nutrientes analisados estava mais disponível em épocas diferentes.

6. CONCLUSÕES

A adubação com Zn beneficiou a qualidade da pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu irrigada, com melhores respostas na adubação via solo e solo + foliar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, C. A. B.; CUNHA, F. F.; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.; ROCHA, W. S. D.; ARAÚJO, R. A. S. Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 98-108, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300012>.

ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A.; NOVELLY, P. E. Produção de gramíneas tropicais e temperadas, irrigadas na época seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 15, n. 5, p.384-392, 1986.

ARNHOLD, E. Package in the R environment for analysis of variance and complementary analyses. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. v. 50, n.6, p. 488-492, 2013. <https://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.v50i6p488-492>.

ASHRAF, M. A.; IQBAL, M.; RASHEED, R.; HUSSAIN, I.; RIAZ, M.; ARIF, M. S. Environmental stress and secondary metabolites in plants: an overview. **Plant metabolites and regulation under environmental stress**, p. 153-167, 2018. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812689-9.00008-X>.

BARBOSA, R. A.; MEDEIROS-NETO, C.; ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; FERNANDES, P. B.; SBRISSIA, A. F. Alternativas para o estabelecimento de consórcios de gramíneas tropicais. **Embrapa Gado de Corte-Comunicado Técnico**, 2018.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica no solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metropole, 2008. p. 7-18.

BEEF REPORT. **Abiec**, 2023. Disponível em: <https://www.abiec.com.br>. Acesso em: 31/03/2024.

CAKMAK, I. O papel do potássio no alívio dos efeitos prejudiciais do estresse abiótico nas plantas. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 168, n. 4, p. 521–530, 2005. <https://doi.org/10.1002/jpln.200420485>.

CARDOSO, G. C. **Alguns fatores práticos da irrigação de pastagens**. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2., Viçosa, 2001. **Anais...** Viçosa: UFV, 2001. p. 243-260.

CASTRO, P. A. L.; SANTOS, G. O. **Métodos de estimativa de evapotranspiração potencial como ferramenta de gestão ao uso da água**. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade de Rio Verde, 20 p. 2017.

DELUIZA, A.; GIANDON, P.; AICHNER, M.; BORTOLAMI, P.; BRUNA, L.; LUPETTI, A.; NARDELLI, F.; STRINGARI, G. Cooper pollution in itallian vineyard soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 27, n. 5-8, p. 1537-1548, 1996. <https://doi.org/10.1080/00103629609369651>.

DIFANTE, G. S.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SILVA, S. C.; EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; SILVEIRA, M. C. T.; PENA, K. S. Características morfogênicas e estruturais do capim marandu submetido a combinações de alturas e intervalos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 5. p. 955-963, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000500003>.

DRUMOND, L. C. D. **Aplicação de água residuária de suinocultura por aspersão em malha: desempenho hidráulico do sistema e produção de capim tifton 85**. 2003. 102 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2003.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** – Embrapa Solos 5. Ed. Brasília, 356 p. 2018.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Irrigação de pastagens formadas por gramíneas forrageiras tropicais** – Embrapa Pecuária Sudeste. São Carlos, p. 02, 2006.

ESMAILI, S.; SALEHI, H. Effects of temperature and photoperiod on postponing bermudagrass (*Cynodon dactylon* [L.] pers.) turf dormancy. **Journal of Plant physiology**, v. 169, n. 9, p. 851–858, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2012.01.022>.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; VALLE, C. B.; BARBOSA, R. A.; GONÇALVES, W. V. Produção de forragem e características da estrutura do dossel de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43. p. 1805-1812, 2008.

EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER D. B.; MACEDO M. C. M.; ARAÚJO A. R.; DIFANTE, G. S.; BARBOSA R. A. Grazing intensity affects forage accumulation and persistence of Marandu palisade grass in the Brazilian savannah. **Grass and Forage Science**. v. 1, p. 1-13, 2019. <https://doi.org/10.1111/gfs.12422>.

FERNANDES, A. R.; PAIVA, H. N.; CARVALHO, J. G.; MIRANDA, J. R. P. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de freijó (*Cordia goeldiana* HUBER) em função de doses de fósforo e de zinco. **Sociedade de Investigações Florestais**. v. 31, n. 4, p. 599-608, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000400004>.

FOY, C. D. Differential aluminium and manganese tolerances of plant species and varieties in acid soils. **Ciência e Cultura**, v. 28, n. 2, p. 150-155, 1976.

GERMANO, L. H. E.; VENDRUSCOLO, M. C.; DANIEL, D. F.; DALBIANCO, A. B. Produtividade e características agronômicas de *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás submetida a doses de nitrogênio sob cortes. **Boletim de Indústria Animal**, v. 75, p. 1-14, 2018. <https://doi.org/10.17523/bia.2018.v75.e1419>.

GURGEL, A. L. C.; DIFANTE, G. S.; EMERENCIANO NETO, J. V.; COSTA, M. G.; DANTAS, J. L. S.; ITAVO, L. C. V.; PEREIRA, M. G.; RODRIGUES, J. G.; OLIVEIRA, I. L. S.; BEZERRA, J. I. G. Supplementation of lamb ewes with different protein sources indeferred marandu palisadegrass (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) pasture. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, p. 1901-1910, 2020. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11702>.

HEIMBACH, N. S.; ÍTAVO, C. C. B. F.; ÍTAVO, L. C. V.; DIFANTE, G. S.; DIAS, A. M.; BRUMATTI, R. C.; GOMES, M. N. B.; BAUR, C. D.; MORAES, G. J.; COSTA, M. C. M.; KOZERSKI, N. D.; LEAL, E. S.; GURGEL, A. L. C. Different grass availabilities of tropical pasture on performances and carcasses of lambs. **Tropical Animal Science Journal**, v. 43, n. 3, p. 211-218, 2020. <https://doi.org/10.5398/tasj.2020.43.3.211>.

HERNANDES, A.; PRADO, R. M.; PEREIRA, F. S.; MODA, L. R.; ICHINOSE, J. G. S.; GUIMARÃES, R. C. M. Desenvolvimento e nutrição do capim-tanzânia em função da aplicação de zinco. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 5, p. 383-389, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Disponível: <<http://www.inmet.gov.br/>>.

JANK, L.; BRAZ, T. G. S.; MARTUSCELLO, J. A. Gramíneas de clima tropical. In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. S. (Org.). **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. 1ed. Joticabal: Gráfica Multipress, 2014, p. 109-124.

LACERDA, M. P. C.; QUEMÉNEUR, J. J. G.; ANDRADE, H.; ALVES, H. M. R.; VIEIRA, T. G. C. Mapeamento preliminar de solos com horizonte B textural e B nítico na região de Lavras, MG. **Ciência Agrotecnologia**, v. 33, p. 788-795, 2009.

LI, Y.; KONG, D.; FU, Y.; SUSSMAN, M. R.; WU, H. The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 148, p. 80-89, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.01.006>.

LOPES, A.; COX, F. Um levantamento da fertilidade de solos superficiais sob vegetação de “Cerrado” no Brasil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 4, p. 742-747, 1977.

MAGALHÃES, J. A.; CARNEIRO, M. S. S.; ANDRADE, A. C.; PEREIRA, E. S.; RODRIGUES, B. H. N.; COSTA, N. L.; FOGACA, F. H. S.; TOWNSEND, C. R. Composição bromatológica do capim-Marandu sob efeito de irrigação e adubação nitrogenada. **Semina Ciências Agrárias**, v. 36, p. 933, 2015. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n2p933>.

MAIA, G. A.; COSTA, K. A. P.; SEVERIANO, E. C.; EPIFÂNIO, P. S.; FLÁVIO NETO, J.; RIBEIRO, M. G.; FERNANDES, P. B.; SILVA, J. F. G.; GONÇALVES, W. G. Yield and chemical composition of *Brachiaria* forage grasses in the offseason after corn harvest. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, n. 5, p. 933-941, 2014. <https://doi.org/10.4236/ajps.2014.57106>.

MARCELINO, K. R. A.; JUNIOR, D. N.; SILVA, S. C.; EUCLIDES, V. P. B.; FONSECA, D. M. Características morfogênicas e estruturais e produção de forragem do capim-marandu submetido a intensidades e frequências de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p. 2598-2603, 2010.

MARIANO, J. C. Q.; SANTOS, G. O.; FEITOSA, D. G.; HERNANDEZ, F. B. T. **Sistema Para Manejo da Agricultura Irrigada - SMAI** versão 2.0 copyright© UNESP Ilha Solteira. 2011.

MCDOWELL, L. R. Zinc. Minerals in animal and human nutrition, **Academic Press**, San Diego, p. 265-293. 1992.

MCWILLIAM, J. R. Response of pasture plants to temperature. In: WILSON, J. R. (Ed.). **Plant relation in pasture**. Melbourne: CSIRO, 1978. p. 17-34.

MENDES, M. R.; TUFFI, L. D. S.; GONÇALVES, F. O.; VITÓRIA, M. S. Irrigação de pastagens tropicais: desafios e perspectivas. **Unimontes científica**, v. 19, n. 1, p. 180-181, 2017.

MENEZES, B. B.; PAIVA, L. M.; FERNANDES, P. B.; CAMPOS, N. R. F.; BARBOSA, R. A.; BENTO, A. L. L.; ROCHA, R. F. A. T.; MORAIS, M. G. Tissue flow and biomass production of Piatã grass in function of defoliation frequency and nitrogen fertilization. **Colloquium Agrariae**, v. 15, p. 92-100, 2019.

MILLER, J. K.; MILLER, W. J. Experimental zinc deficiency and recovery of calves. **The Journal of nutrition**, v. 76, n. 4, p. 467-474, 1962. <https://doi.org/10.1093/jn/76.4.467>.

MONTAGNER, D. B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; VILELA, H. H.; SOUSA, B. M. L.; EUCLIDES, V. P. B.; SILVA, S. C.; CARLOTO, M. N. Tiller dynamics in pastures of guinea grass subjected to grazing severities under intermittent stocking. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 544-549, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000300010>.

NIELSEN, F. H. History of zinc in agriculture. **Advances in Nutrition**, v. 3, n. 6, p. 783-789, 2012. <https://doi.org/10.3945/an.112.002881>.

OLIVEIRA, A. S.; DETMANN, E.; CAMPOS, J. M. S.; PINA, D. S.; SOUZA, S. M.; COSTA, M. G. Meta-análise do impacto da fibra em detergente neutro sobre o consumo, a digestibilidade e o desempenho de vacas leiteiras em lactação. **Revista brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1587-1595, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000700026>.

REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2014.

REIS, R. A.; MELO G. M. P.; BERTIPAGLIA L. M. A.; OLIVEIRA, A. P. Otimização da utilização da forragem disponível através da suplementação estratégica. In: REIS R. A.; SIQUEIRA, G. R.; BERTIPAGLIA, L. M. A.; OLIVEIRA, A. P.; MELO, G. M. P.; BERNARDES, T. F. (Ed.). **Volumosos na produção de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2005. p. 187-238.

RODRIGUES, C. S.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; DETMANN, E.; DA SILVA, S. C.; SOUSA, B. M. D. L.; SILVEIRA, M. C. T. D. Functional clusters of tropical forage grasses. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 6, p. 1385-1393, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000600010>.

RODRIGUES, D. C. **Produção de forragem de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) Stapf e modelagem de respostas produtivas em função de variáveis climáticas**. 94p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

RODRIGUES, M.; RABÊLO, F. H. S.; BERNARDI, D. B.; LANGE, A. Economic analysis of intercropping with *Brachiaria brizantha* grain annual crops geared to the recovery of pastures in the Amazon, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, p. 82-90, 2015. <https://doi.org/10.5039/agraria.v10i1a5084>.

SBRISSIA, A. F.; SILVA, S. C.; SARMENTO, D. O. L.; MOLAN, L. K.; ANDRADE, F. M. E.; GONÇALVES, A. C.; LUPINACCI, A. V. Tillering dynamics in palisadegrass swards continuously stocked by cattle. **Plant Ecology**, v. 206, p. 349-359, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11258-009-9647-7>.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SILVA, F. F.; SÁ, J. F.; SCHIO, A. R.; ÍTAVO, L. C. V.; SILVA, R. R.; MATEUS, R. G. Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 371-389, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300037>.

SILVA, R. A. B.; LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D.; GONDIM, P. S. S.; SOUZA, E. S.; BARROS JÚNIOR, G. Balanço hídrico em Neossolo Regolítico cultivado com braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 147-157, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000100014>.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. Cerrado: correção da acidez do solo. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. eds. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2.ed. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2004. p.81-96.

SUGANYA, A.; SARAVANAN, A.; MANIVANNAN, N. Role of zinc nutrition for increasing zinc availability, uptake, yield, and quality of maize (*Zea mays* L.) grains: An overview. **Communications in Soil Science Plant Analysis**, v. 51, n. 15, p. 2001-2021, 2020. <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1820030>.

TORRES, F. E.; VALLE, C. B.; LEMPP, B.; TEODORO, P. E.; SANTOS, A. D.; RIBEIRO, L. P. Contribuição dos caracteres de qualidade da forragem ao teor de proteína bruta em *Urochloa brizantha*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 3, p. 284-287, 2016. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000300011>.

VENDRAME, P. R. S.; BRITO, O. R.; QUANTIN, C.; BECQUER, T. Disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco em solos sob pastagens na região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 859-864, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000600013>.

VITOR, C. M. T.; FONSECA, D. M.; CÓSER, A. C.; MARTINS, C. E.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; RIBEIRO JÚNIOR, J. I. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 435-442, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000300006>.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N. O.; QUAGGIO, J. A. **Forrageiras. In: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo - Boletim Técnico 100**, p. 261- 273,1997.

YADAV, S. K. Cold stress tolerance mechanisms in plants. A review. **Agronomy for sustainable development**, v. 30, n. 3, p. 515-527, 2010.