



**MARIA PEREIRA DE ARAÚJO**

**DESEMPENHO DA FORRAGEIRA *Megathyrsus maximus* cv.  
Miaygui À ADUBAÇÃO MINERAL E COM CAMA DE  
*COMPOST BARN*: EFEITOS DO DÉFICIT HÍDRICO E  
AMBIÊNCIA**

**LAVRAS – MG  
2024**

**MARIA PEREIRA DE ARAÚJO**

**DESEMPENHO DA FORRAGEIRA *Megathyrus maximus* cv. Miaygui À ADUBAÇÃO  
MINERAL E COM CAMA DE *COMPOST BARN*: EFEITOS DO DÉFICIT HÍDRICO E  
AMBIÊNCIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções, Ambiente e Tratamento de Resíduos, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Prof. Dr. Alessandro Torres Campos  
Orientador

Prof. Dr. Bruno Montoani Silva – UFLA  
Prof. Dr. Daniel Rume Casagrande - UFLA  
Prof. Dr. Milson Evaldo Serafim - IFMT  
Coorientadores

**LAVRAS - MG  
2024**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pela própria autora.

Araújo, Maria Pereira.

Desempenho da forrageira *Megathyrsus maximus* cv. Miaygui à adubação mineral e com cama de *Compost Barn*: efeitos do déficit hídrico e ambiência /

Maria Pereira de Araújo. - 2024.

88 p.

Orientador: Alessandro Torres Campos.

Coorientadores: Bruno Montoani Silva, Milson Evaldo Serafim,  
Daniel Rume Casagrande.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2024.

Bibliografia.

1. *Compost Barn* 2. Déficit hídrico. 3. Ambiência em cultivo protegido. I. Campos, Alessandro Torres. II. Silva, Bruno Montoani. III. Serafim, Milson Evaldo. IV. Casagrande, Daniel Rume. V. Título.

**MARIA PEREIRA DE ARAÚJO**


**DESEMPENHO DA FORRAGEIRA *Megathyrus maximus* cv. Miaygui À ADUBAÇÃO MINERAL E COM CAMA DE *COMPOST BARN*: EFEITOS DO DÉFICIT HÍDRICO E AMBIÊNCIA**

**PERFORMANCE OF *Megathyrus maximus* cv. Miaygui FORAGE ON MINERAL AND COMPOST BARN BEDDING FERTILIZATION: EFFECTS OF WATER DEFICIT AND ENVIRONMENT**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções, Ambiente e Tratamento de Resíduos, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2024.

Prof. Dr. Alessandro Torres Campos UFLA  
Prof. Dr. Bruno Montoani Silva UFLA  
Prof. Dr. Milson Evaldo Serafim IFMT  
Prof. Dr. Allan Alves Fernandes UNIPAMPA

Documento assinado digitalmente  
 ALESSANDRO TORRES CAMPOS  
Data: 13/03/2024 09:39:38-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Alessandro Torres Campos  
Orientador

Prof. Dr. Bruno Montoani Silva - UFLA  
Prof. Dr. Daniel Rume Casagrande - UFLA  
Prof. Dr. Milson Evaldo Serafim - IFMT  
Coorientadores

**LAVRAS-MG  
2024**

Aos meus pais e avós (*in memoriam*), em  
especial à minha vizinha, que foi minha segunda  
mãe, meu maior incentivo.  
Dedico

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder o dom da vida, pelas bênçãos até aqui alcançadas, por iluminar e guiar sempre os meus passos, por me dá fé e a força necessária para lutar e enfrentar todos os obstáculos sem nunca desistir dos meus sonhos.

Aos meus pais (*in memoriam*) a quem devo a minha vida, os quais se tornaram meus anjos protetores, e continuam a me guiar pelos melhores caminhos, sei que aonde estiverem encontram-se felizes diante das minhas conquistas. Aos meus avós (*in memoriam*) que foram meus segundos pais, em especial à minha vizinha, meu maior orgulho, quem me educou e amou incansavelmente, foi meu maior incentivo na vida acadêmica, todas as minhas conquistas até hoje, dedico a senhora minha eterna vizinha.

Aos meus irmãos, Isaias Pereira de Araújo, Josivânia Pereira de Araújo, Adriana Pereira de Araújo, Enoque Pereira de Araújo, Elias Pereira de Araújo, André Pereira de Araújo, por todo amor, afeto e apoio concedido, que sempre me impulsionaram a seguir em busca dos meus objetivos.

Ao meu orientador, o Professor Dr. Alessandro Torres Campos, por toda orientação, apoio, conselhos repassados, ensinamentos gradiosos e por sua amizade.

Ao Professor Daniel Casagrande do Departamento de Zootecnia por ter me recebido em sua sala e ter me coorientado. Ao Professor Bruno Montoani do Departamento de Ciência do Solo, pessoa maravilhosa, o qual me recebeu em sua sala educadamente me orientou e disponibilizou espaço em seu Laboratório para realizar análises e equipamento para que eu pudesse prosseguir com o experimento. Ao Professor Milson Serafim, do Instituto Federal do Mato Grosso, o qual foi um anjo que Deus colocou em meu caminho por intermédio do professor, Bruno Montonni, não tenho palavras para agradecer todo apoio desde o início do experimento até o final. Minha eterna gratidão a todos vocês.

Aos meus amigos, Luzia Batista e Romário de Sousa que se tornaram meus grandes irmãos, que trilham comigo essa longa caminhada acadêmica desde a graduação e aguentam meus choros (risos). Obrigada pela companhia diária de vocês durante todo percurso no Mestrado, por toda amizade, afeto, consolo, conselhos, orientação e parceria em todos os trabalhos já desenvolvidos, os quais sempre estão comigo desde a preparação, condução e retirada de experimentos. Sou grata a Deus pela vinda de vocês e por tê-los em minha vida diariamente, amo vocês!

A minha amiga Sabrina de Souza, que também se tornou uma grande irmã para mim desde o ensino médio. Mesmo distante esteve sempre presente em todos os meus dias, me enviando

mensagens com palavras consoladoras e me transmitindo forças. obrigada Obrigada minha amiga, por toda sua amizade, afeto e companherismo, gratidão a Deus por sua amizade.

À Bruna Campos, que também tornou-se uma grande amiga durante o Mestrado, por todas palavras de conforto e pelos auxílios nos momentos que mais precisei, à toda sua família pela consideração e amizade para comigo, vocês foram pessoas especiais que Deus colocou em meu caminho durante essa trajetória.

Aos meninos da Iniciação científica, com carinho especial: Caio Siqueira, Carlos Eduardo, Rambler Alves, Miguel Caixeta e Sara Leno, que me auxiliaram de forma intensa, desde a preparação e condução do experimento, levantamento, organização e análises dos dados da pesquisa, especialmente, Miguel Caixeta e Rambler Alves, que foram meus braços forte do início ao fim do experimento. Aos integrantes do BIC-Júnior Ensino Médio: Henrique Pedrozo, Mateus, Sol Borges e Vitória Mauro, que passaram tardes comigo pesando vasos, que me alegraram nas minhas tardes mais difíceis, vocês são demais! Obrigada meus queridos!

Ao Leônidas Canuto, que conheci por intermédio do Professor Milson, o qual foi uma pessoa extremamente atenciosa para comigo quando solicitei sua ajuda, passou tardes me auxiliando em algumas etapas da implantação do experimento. Ao Fábio Bispo, que conheci através de Leônidas e fez com que meus dias na UFLA, torna-se mais leves, fazendo seus cafezinhos e me convidando. Vocês são especiais para mim meninos.

Em geral, a todos as pessoas maravilhosas que Deus colocou no meu caminho durante essa trajetória e me auxiliaram de alguma forma, especialmente: A Eliane, Delubio, Marcos do Laboratório de Análise de Água, os quais pertubei muito atrás de cafés da manhã e tarde, além de vários outros objetos. Professor Tadayuki Yanagi Junior e o Professor Felipe Schwerz, os quais me orientaram em vários momentos. Helem, da secretaria de Engenharia agrícola, Indira Oliveira, que não fez questão de me ajudar quando precisei realizar algumas avaliações.

Por fim, a todos os meus familiares que acreditam e torcem por mim!

Aos membros da banca examinadora, por terem aceitado participar da avaliação deste trabalho e pelas valiosas sugestões.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade de realização do curso com ensino de excelência e pela contribuição à minha formação humana e profissional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA/UFLA) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CAPES) pela concessão da bolsa, viabilizando o desenvolvimento da pesquisa.

Enfim, a todos aqueles que fizeram parte da minha jornada, que deixaram seu legado durante o curso de mestrado na UFLA e que contribuíram de forma direta ou indiretamente.



Consagre ao senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos”

(Provérbios 16:3 )

## RESUMO GERAL

As pastagens constituem uma das principais fontes de alimento na maioria dos sistemas de produção de bovinos. Uma das espécies que se encontra amplamente difundida é a *Megathysus maximus*, por ser uma gramínea que apresenta diversas qualidades satisfatórias aos pecuaristas. Contudo, necessita de solos com elevada fertilidade e está sujeita à estacionalidade em períodos de veranicos. No estabelecimento e manutenção desta cultura, os adubos sintéticos empregados apresentam alto custo e provocam sérios problemas ambientais. A adoção da cama compostada no sistema *Compost Barn* pode ser uma alternativa de adubação orgânica economicamente viável e sustentável para este fim, já que nos sistemas são gerados apreciáveis volumes de cama. Além de fornecer nutrientes essenciais, pode auxiliar na retenção de água no solo, podendo ser vantajoso sobremaneira, notadamente em períodos de veranicos. Além dessas questões, as variáveis ambientais promovem grande influência no desenvolvimento das forrageiras, sendo fundamental realizar a caracterização dessas variáveis no ambiente de cultivo. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo caracterizar o ambiente de cultivo e avaliar as respostas produtivas e morfofisiológicas da *Megathysus maximus* cv. Miyagui adubada com cama de *Compost Barn* e adubação mineral associado ao déficit hídrico. O experimento foi conduzido em casa de vegetação tipo arco duplo, com área total de 145,3 m<sup>2</sup>, orientada no sentido Leste-Oeste e coberta por filme de polietileno de 150 µm. O delineamento experimental foi em blocos casualizado (DBC), em esquema fatorial 2x3, com 6 repetições. Os fatores em estudo foram as fontes de adubação (orgânica e mineral) e níveis de restrição hídrica (0, 5 e 10 dias). As avaliações produtivas, morfofisiológicas e fisiológicas das plantas foram realizadas ao final do experimento. Os dados micrometeorológicos foram obtidos por meio de sensores de leitura automática e direta na casa de vegetação. Para o ambiente externo, os dados foram obtidos de estação automática e sensor de leitura direta. Para a maioria das variáveis os fatores atuaram de forma isolada, havendo interação entre os fatores apenas para massa fresca seca de raiz e condutância estomática. A temperatura, umidade relativa e radiação solar apresentaram forte correlação linear entre os ambientes avaliados. O material orgânico beneficiou, as propriedades químicas do solo, bem como mostrou-se promissor sobre as características produtiva, morfofisiológicas e fisiológicas da forrageira. As variáveis ambientais no ambiente de cultivo apresentaram forte correlação com o ambiente externo e atenderam às necessidades da planta forrageira.

**Palavras-chave:** Ambiente em cultivo protegido. Capim-Miyagui. *Compost Barn*. Déficit hídrico. Sustentabilidade.

## GENERAL ABSTRACT

Pastures are the main source of food in most cattle production systems. One of the species that is widely spread is *Megathyrsus maximus* because it is a grass that presents high forage production, good acceptability and animal digestibility, however, it requires soils with good fertility and is subject to seasonality in summer periods. However, synthetic fertilizers used in modern agriculture are expensive and cause serious environmental problems. The use of organic fertilizers can be an economical and sustainable alternative to be adopted, in addition to providing essential nutrients, it helps retain water in the soil, and can be a contributor in summer periods. In addition to these issues, environmental factors present a great influence on the development of forage crops, and it is essential to monitor them. Therefore, the present study aimed to characterize the cultivation environment and evaluate the productive and morphophysiological responses of *Megathyrsus maximus* cv. Miagui fertilized with Compost Barn associated with water deficit. The experiment was carried out in a double arch greenhouse, with a total area of 145.3 m<sup>2</sup>, oriented in an East-West direction and covered with 150 µm polyethylene film. The experimental design was in randomized blocks (DBC) with two sources of fertilizer (mineral and organic) and three levels of water restriction (0, 5 and 10 days). The productive, mold-physiological and physiological evaluations of the plants were carried out at the end of the experiment. Micrometeorological data were obtained using automatic and direct reading sensors in the greenhouse. For the external environment, data were obtained from an automatic station and direct reading sensor. For most of the variables, the factors acted in isolation, with interaction between the factors only for fresh mass, root dryness and stomatal conductance. Temperature, relative humidity and solar radiation showed a strong linear correlation between the environments evaluated. The organic material increased the chemical properties of the soil, as well as showing promise for the productive, mold-physiological and physiological characteristics of the forage. Environmental variables in the cultivation environment showed a strong correlation with the external environment, promoting plant development.

**Keywords:** Protected cultivation environment. Myiagui grass. *Compost Barn*. Water deficit. sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

### SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

#### ARTIGO 1

- Figura 1 - Casa de vegetação (A) e unidades experimentais dispostas sobre a bancada (B).....40
- Figura 2 - Variação da temperatura do ar (°C) (A), radiação solar (W/m<sup>2</sup>) (B), umidade relativa do ar (%) (C) e dióxido de carbono CO<sub>2</sub> (ppm) (D), durante período experimental em casa de vegetação.....46
- Figura 3 - Perfil do NDVI em *Megathyrus maximus* cv. Miyagui submetida a períodos de restrição hídrica.....58
- Figura 4 - Percentual de variância total explicada por cada um dos 10 primeiros Componentes Principais.....59
- Figura 5 - *Biplot* dos dois componentes principais apresentando a relação de todos os parâmetros analisados com as fontes de adubação associadas a restrição hídrica.....60

#### ARTIGO 2

- Figura 1 - Variação da temperatura (°C), no ambiente interno (A) e externo (B) da casa de vegetação e correlação entre os ambientes (C) no município de Lavras – MG.....74
- Figura 2 - Variação da umidade relativa do ambiente interno (A) e externo (B) da casa de vegetação e correlação entre os dois ambientes (C).....76
- Figura 3 - Variação da radiação solar (Wm<sup>-2</sup>) no ambiente interno (A) e externo (B) da casa de vegetação e correlação da radiação solar média entre os dois ambientes (C) no município de Lavras-MG.....77
- Figura 4 - Variação de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no ambiente interno (A) e externo (B) da casa de vegetação e correlação média entre os dois ambientes.....78
- Figura 5 - Boxplot da temperatura interna solo em vasos em casa de vegetação.....80

## LISTA DE TABELAS

### SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

#### ARTIGO 1

Tabela 1 - Características físicas do solo (0-40 cm) utilizado no experimento, realizado pelo Laboratório de Análise de solo do Departamento de Ciência do Solo (DCS) UFLA.....	43
Tabela 2 - Propriedades físico-química do solo (0-40 cm) utilizado no experimento, realizado pelo Laboratório de Análise de solo do Departamento de Ciência do Solo (DCS) UFLA.....	43
Tabela 3 - Caracterização química do composto orgânico proveniente do sistema Compost Barn utilizado no experimento, realizado pelo Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Ciência Do Solo (DCS) da UFLA.....	44
Tabela 4 - Quantidade de nutrientes presente na dose aplicada do composto orgânico.....	45
Tabela 5 - Equalização dos nutrientes ( $\text{dm}^3 \text{ vaso}^{-1}$ ) adaptada de Malavolta (1981).....	45
Tabela 6 - Caracterização química do solo após o cultivo de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Miyagui adubado com cama de compost barn (adubação orgânica) e adubação química.....	49
Tabela 7 - Resumo das análises de variância para as variáveis altura da parte aérea (H), número de perfilho (NP), número de folhas (NF).....	51
Tabela 8 - Valores médios do efeito das fontes de adubação sobre a altura da parte aérea (H), número de perfilho (NP), número de folhas (NF) de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Miyagui.....	51
Tabela 9 - Valores médios do efeito dos níveis de restrição hídrica sobre número de folhas (NF) de plantas de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Miyagui.....	52
Tabela 10 - Resumo das análises de variância para as variáveis massa fresca da parte aérea (MFA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSA) e massa seca de raiz (MSR).....	53
Tabela 11 - Valores médios do efeito das fontes de adubação sobre a massa fresca da parte aérea (MFA) e massa seca da parte aérea (MSA), de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Miyagui.....	53
Tabela 12 - Valores médios do efeito isolado dos níveis de restrição hídrica sobre massa fresca da parte aérea (MFA) e massa seca da parte aérea (MSA) de plantas de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Miyagui.....	54
Tabela 13 - Valores médios da massa fresca da raiz (MFR) e massa seca de raiz (MSR) de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Miyagui associado a fontes de adubação e submetida a diferentes períodos de restrição hídrica.....	55
Tabela 14 - Resumo da análise de variância para a variável Índice de clorofila (IC) antes e após o período de restrição hídrica em <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Miyagi.....	56
Tabela 15 - Valores médios do efeito das fontes de adubação sobre o índice de clorofila (IC) em folhas de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Miyagui antes do período de restrição hídrica.....	56

Tabela 16 - Valores médios do Índice de clorofila (IC) em folhas de *Megathyrus maximus* cv. Miyagi associado a fontes de adubação orgânica e mineral e submetido a diferentes períodos de restrição.....57

Tabela 17 - Valores médios do efeito isolado dos níveis de restrição hídrica sobre a taxa de transpiração ( $E - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e taxa fotossintética ( $A - \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e condutância estomática ( $G_s \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) em folhas de plantas de *Megathyrus maximus* cv. Miyagui.....58

Tabela 18 - Uso de eficiência de água (EUA) em *Megathyrus maximus* cv. Miyagui associado a fontes de adubação orgânica e mineral e submetido a diferentes períodos de restrição.....58

## **ARTIGO 2**

Tabela 1- Estatística descritiva da temperatura interna dos solos nos vasos em casa de vegetação.....82

## SUMÁRIO

<b>PRIMEIRA PARTE</b> .....	<b>16</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>19</b>
2.1 Importância das pastagens para alimentação animal .....	19
2.2 <i>Megathyrus maximus</i> cv. Miyagui.....	20
2.3 Cama de <i>Compost Barn</i> como adubo orgânico .....	21
2.4 Efeitos do estresse hídrico em pastagens .....	22
2.5 Variáveis ambientais que influenciam no desenvolvimento de forragens.....	23
<b>3 CONSIDERAÇÕES GERAIS</b> .....	<b>25</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>26</b>
<b>SEGUNDA PARTE – ARTIGOS</b> .....	<b>33</b>
<b>ARTIGO 1</b> .....	<b>33</b>
1 INTRODUÇÃO .....	36
2 METODOLOGIA.....	38
2.1 Área de estudo.....	38
2.2 Delineamento experimental .....	39
2.3 Condução do experimento .....	39
2.4 Aplicação do déficit hídrico .....	43
2.5 Variáveis analisadas .....	44
2.6 Análise estatística.....	45
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	46
4 CONCLUSÃO.....	61
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>62</b>
<b>ARTIGO 2</b> .....	<b>69</b>
1 INTRODUÇÃO .....	72
2 METODOLOGIA.....	74
2.1 Área de estudo.....	74
2.2 Coleta e análise de dados .....	74
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	75
4 CONCLUSÃO.....	83
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>84</b>

## PRIMEIRA PARTE

### 1 INTRODUÇÃO

As atividades agropecuárias apresentam importância no crescimento econômico e social em âmbito mundial (KUMARI *et al.*, 2018). No Brasil, a pecuária bovina é uma das principais atividades econômicas. O país corresponde ao segundo maior produtor de rebanho bovino do mundo, com estimativa de 196,47 milhões de cabeças de gado, ficando atrás somente da Índia, com 305,40 milhões de cabeças (ABIEC, 2022). O país é o segundo maior produtor mundial de carne bovina e o terceiro maior na produção mundial de leite bovino (VIELA *et al.*, 2021).

A maior parte dos sistemas de produção de bovinos no Brasil tem, nas pastagens, sua principal fonte de alimento, portanto, estas desempenham papel fundamental nos sistemas de produção de carne e/ou de leite (VITOR *et al.*, 2009). As plantas forrageiras constituintes destas pastagens, em sua maioria, são de origem subtropicais e tropicais. Entre as inúmeras espécies cultivadas, destacam-se as do gênero *Megathysus* (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Gramíneas do gênero *Megathysus* são forrageiras amplamente utilizadas em sistema de produção animal, pela boa adaptação a climas tropicais e subtropicais, como também pela elevada produtividade (GOMES *et al.*, 2011). Dentre as gramíneas pertencentes a esse grupo, encontra-se o *Megathysus maximus* cv. Miyagui, a qual apresenta alta produção de forragem, folhas largas e compridas, excelente aceitabilidade pelos animais e rebrota rápida e vigorosa (ANPROSEM, 2023).

Todavia, como as demais cultivares desse gênero, é exigente quanto a solos com boa fertilidade (FLORENTINO *et al.*, 2022), e está sujeita à estacionalidade da produção, devido a períodos de restrições hídricas, como no verão ou em invernos secos (BRANDÃO *et al.*, 2020). Diante disso, faz-se necessárias práticas de manejo eficientes, que sejam capazes de fornecer à forrageira todas as condições necessárias para expressar o seu potencial (ARAÚJO *et al.*, 2019), como disponibilidade de nutrientes, água, luz e temperatura.

Nesse sentido, a fertilidade do solo é um dos fatores determinantes no que diz respeito à produção de biomassa e valor nutritivo do pasto (BALOTA *et al.*, 2014). No entanto, grande parte dos solos brasileiros apresentam deficiência nutricional (HUNGRIA; NOGUEIRA, 2020), sendo necessário fazer a reposição de nutrientes via adubação mineral, pois, o manejo inadequado relacionado à falta da manutenção da fertilidade dos solos, é responsável por cerca de 50 a 70% das pastagens brasileiras apresentarem algum grau de degradação (CASTRO *et al.*, 2016).



O uso dos adubos minerais possui elevada eficiência na disponibilidade de nutrientes para as plantas, porém, quando utilizados com frequência podem danificar as características do solo e reduzir sua fertilidade (HUNGRIA; NOGUEIRA, 2020), como também, ocasionar contaminações das águas subterrâneas/superficiais (HAN *et al.*, 2016). Além do mais, são produtos que apresentam altos valores no mercado, sendo muitas vezes inviáveis ao pecuarista, pois este, nem sempre tem condições financeiras suficientes para obter esse insumo em quantidade e qualidade, considerando a necessidade de correção da fertilidade das pastagens (ROCHA JUNIOR *et al.*, 2016).

Dessa maneira, como forma de minimizar os custos, otimizar os recursos disponíveis nas propriedades e criar um destino adequado, o produtor pode reutilizar os resíduos gerados nos próprios sistemas de criação como fonte de adubação orgânica (MACÊDO *et al.*, 2018). Dentre os resíduos gerados nas instalações de confinamento leiteiro na atualidade, destaca-se a cama do *Compost Barn* (CB). Este sistema de confinamento consiste em uma grande área de cama, constituída por piso de terra batida e coberto por serragem de madeira, maravalha ou outro material disponível (LLONCH *et al.*, 2020), a qual serve de descanso para os animais, gera elevadas quantidades de material compostado, que pode ser empregado como adubação orgânica.

A principal peculiaridade da cama de CB é a compostagem aeróbia que frequentemente é induzida pela mistura dos dejetos dos animais que está ligada à aeração da cama (MOTA *et al.*, 2017). Nesse processo de compostagem, os principais nutrientes requeridos pelos microrganismos são Carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (DAMASCENO, 2012). Em vista disso, o composto gerado fornece ótimas concentrações de nutrientes, podendo ser uma ótima alternativa para aplicação nas pastagens.

Adubos orgânicos de origem animal apresentam propriedades físicas e químicas que promovem vários benefícios ao solo, como bons níveis de fertilidade, melhora as características estruturais e aumenta a retenção de água (GOMES *et al.*, 2018), constituindo-se este último em um dos princípios para manter a umidade do solo em período de estiagem, pois, dentre os maiores entraves na pecuária nacional destacam-se os períodos de sazonalidade ao longo do ano (FLORENTINO *et al.*, 2022).

A deficiência de água no solo afeta a fisiologia e morfologia das plantas forrageiras a ponto de ocasionar o estresse hídrico, que, conforme a magnitude, pode restringir severamente a produção de forragem e até mesmo a sobrevivência da espécie (MATTOS *et al.*, 2005). O estresse hídrico afeta negativamente os processos bioquímicos e fisiológicos nas plantas, devido ao menor turgor hídrico das células vegetais, o que impede o seu crescimento (LIANG *et al.*,

2019). Nesse contexto, afim de mitigar esses efeitos, o uso da adubação orgânica associado ao estresse hídrico pode servir como estabelecimento de estratégias de manejo que possibilitem maiores incrementos de biomassa e qualidade da forragem produzida.

Além desse fator ambiental, variáveis ambientais como: temperatura, radiação solar, umidade relativa e CO<sub>2</sub> atmosférico, promovem forte influência na morfogênese e nas características estruturais das plantas forrageiras. Essas variáveis podem limitar ou contribuir no desenvolvimento das plantas, influenciando de forma direta ou indireta na absorção e transporte de nutrientes (ALVES *et al.*, 2021).

A temperatura do ar é uma das principais variáveis que possui atuação em todos os estágios dos ciclos de crescimento das plantas (BARKAT *et al.*, 2019). A radiação solar, também constitui fator vital, que está relacionado tanto com o metabolismo como com o crescimento e desenvolvimento das plantas (MORTESEN *et al.*, 2014), assim como a umidade relativa do ar, que é um elemento que afeta o estado da água, que por sua vez, induz todos os processos de transpiração da planta (GRUDA *et al.*, 2005), além do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que é um dos fatores fundamentais no processo de fotossíntese e produção de biomassa (MARTINEZ *et al.*, 2015).

Dessa forma, é imprescindível realizar a caracterização dessas variáveis, notadamente quando se trabalha com o cultivo protegido. O emprego de casas de vegetação cresceu muito na agricultura moderna (OLIVEIRA *et al.*, 2019), e tem sido empregadas por agricultores para produção de diversas culturas. Entretanto, no desenvolvimento de pesquisas científicas, o cultivo protegido se apresenta, muitas vezes, imperioso, devido apresentar proteção das plantas contra diversos agentes, entre eles os meteorológicos (PURQUERI; TIVELLI, 2006), permitindo a condução de experimentos em condições controladas, minimizando o ataque de insetos, permitindo também experimentos em várias épocas do ano.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o ambiente térmico e a produção da forrageira *Megathyrus maximus* cv. Myiagui com adubação orgânica proveniente de cama de *Compost Barn* e adubação mineral em condições de estresse hídrico.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste referencial teórico, serão abordadas as temáticas referentes à importância das pastagens para a alimentação animal, com ênfase na cultivar *Megathyrus maximus* cv. Miyagui. Será elencado o uso da cama do sistema *Compost Barn* como fonte alternativa de adubação orgânica em pastagens e sua empregabilidade na mitigação dos aspectos relacionados ao efeito do estresse hídrico sobre as pastagens, bem como, serão ressaltados os efeitos dos fatores ambientais no desenvolvimento das pastagens.

### 2.1 Importância das pastagens para alimentação animal

Um das principais fontes de alimento para os ruminantes são as pastagens, tanto por razões ambientais, como econômicas (PEZZOPANE *et al.*, 2017). Elas atuam como fonte de proteína e energia, além de fibra necessária nas rações para promover a mastigação, ruminação e saúde do rúmen (FERREIRA *et al.*, 2007).

As pastagens fornecem funções importantes, inclusive, servindo como captadores de água, para preservação da biodiversidade, para necessidades culturais e recreativas e como potenciais sumidouros de carbono para aliviar as emissões de gases de efeito estufa (BOVAL; DIXON, 2012).

Logo, por serem a base para produção bovina de leite e de corte, é fundamental realizar o manejo correto das pastagens, para que se possa assegurar um sistema de produção sustentável, além da conservação dos recursos ambientais e a mitigação ou redução da degradação das pastagens (MAGALHÃES *et al.*, 2020).

Então, manter a fertilidade do solo em boas condições é essencial para favorecer o desempenho e o valor nutricional das forragens. Sabe-se que solos com baixa fertilidade limitam os rendimentos e valor nutricional das forrageiras e, conseqüentemente, a produtividade dessas culturas (RAMÍREZ-PEDROSO *et al.*, 2017). Para tanto, faz-se necessário o manejo nutricional da planta, visando à reposição de nutrientes, via adubação, visto que, a manutenção da fertilidade dos solos é de grande importância para a boa produção (DIAS FILHO, 2014).

Para garantir a elevada produção e qualidade das pastagens, a disponibilidade de água é indispensável. O estresse por deficiência hídrica ameaça a persistência e a capacidade da pastagem para produção de biomassa, principalmente nas rebrotas (KEMESYTE *et al.*, 2017). Assim, a água é o principal limitante na produção agrícola (SINCLAIR; RUFTY, 2012), que pode ser agravada com os impactos das mudanças climáticas, causados por eventos extremos,

que levam à irregularidade da precipitação pluvial, provocando a seca (MONTEIRO *et al.*, 2014). Dessa forma, é essencial a adoção de técnicas que possibilitem a produção das forragens com elevada qualidade, considerando que elas são importantes fontes de alimentos para os ruminantes.

## **2.2 *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui**

As gramíneas forrageiras do gênero *Panicum* pertencem à família Poaceae e à subfamília Panicoideae (SIBBR, 2023), são gramíneas forrageiras tropicais, perenes e de ciclo C4 (FONSECA; MASTUCELLO, 2010). As gramíneas forrageiras que fazem parte desse gênero, assumem grande importância nos sistemas integrados de produção agrícola no Brasil (BEDESCHI, 2016), por apresentarem alta produtividade, valor nutricional, boa aceitabilidade pelos animais e adaptação a diferentes tipos de climas e solo (COSTA *et al.*, 2021).

Dentro desse gênero existe uma variedade de cultivares, entre as mais destacadas estão o Mombaça, Tanzânia, Massai, e Myiagui. Dentre essas, a cultivar lançada recentemente é Myiagui, a qual foi desenvolvida pela AGROSEM (Associação Nacional dos Produtores de Gramíneas e Leguminosas) no ano de 2009 e protegida pelo SNPC (Serviço Nacional de Proteção de Cultivares – MAPA) e registrada pelo RNC (Registro Nacionais de Cultivares - MAPA) no ano de 2017. Atualmente sua área de produção vem crescendo, sendo a segunda cultivar mais escolhida pelos pecuaristas (CALMONA, 2022). Esta, é uma cultivar que apresenta semelhança ao mombaça, principalmente em relação ao dossel e composição bromatológica (TAVAREZ, 2019).

Segundo a AGROSEM (2023), a Myagui é uma cultivar de crescimento ereto, que apresenta porte médio a alto, podendo chegar até 2,50 m de altura, possui excelente qualidade nutricional, aceitabilidade e digestibilidade pelos animais, sua produção de forragem é de 25 a 30 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de MS, com percentual de 8 a 14% de proteínas. Pode ser empregada em pastejo direto, rotacional e silagem, e é recomendada para bovinos de leite e de corte em fases de cria, recria e engorda. Ainda conforme o mesmo autor, essa cultivar apresenta baixa tolerância ao frio e a solos encharcados, média tolerância à seca, e possui exigência a solos de médio a alta fertilidade.

Contudo, como as demais cultivares desse gênero, embora possuam boas características agrônomicas e adaptação a diferentes condições de climas, exigem solos com boa fertilidade, sendo necessário a aplicação de fontes de adubação para intensificar sua produção (EUCLIDES *et al.*, 2014). Nesse sentido, o uso de adubação orgânica de origem animal pode ser utilizado

como uma fonte alternativa à adubação mineral da espécie, além de contribuir para melhoria do solo.

Na literatura, várias pesquisas têm demonstrado efeito positivo do uso desses adubos orgânicos de origem animal, em que, CASTRO *et al.* (2016), ao testarem a eficiência de utilização da adubação orgânica em forrageiras tropicais, obtiveram resultados positivos, tanto no desenvolvimento, como na produtividade, verificando maior produtividade em 21, 31 e 33 g vaso<sup>-1</sup> nas doses de 24,3 Mg ha<sup>-1</sup>, com a aplicação de esterco bovino. Da mesma forma, MONTEIRO *et al.* (2020), ao estudarem a influência da aplicação de adubos orgânicos e fósforo sobre a produtividade do *Panicum maximum* cv. Mombaça, comprovaram aumento da produtividade em todas as fontes de matéria orgânica.

### **2.3 Cama de *Compost Barn* como adubo orgânico**

O *Compost Barn*, também denominado de Compost-bedded Pack Barn, é um sistema alternativo de alojamento animal desenvolvido por um produtor de Minnesota (EUA) em 2001 (SILVA *et al.*, 2022), o qual consiste em um galpão retangular que apresenta uma grande área comum, coberta por materiais como maravalha, serragem, entre outros, e é separada do corredor de alimentação construído de concreto (MEINL; VIEIRA, 2022).

O sistema foi desenvolvido com a finalidade de estabelecer o conforto, bem-estar, saúde e prolongar a vida dos animais, além de visar o fácil manejo (MATTACHINI *et al.*, 2013). Os animais ficam dispostos sobre uma área forrada com matéria orgânica, livres para se movimentarem e expressarem seus comportamentos de forma mais natural (DAMASCENO, 2020). Quando o confinamento é realizado de forma adequada, proporciona ao produtor maior produção em área relativamente menor, quando comparada a sistemas tradicionais a pasto (PIOVESAN; OLIVEIRA, 2020).

A particularidade desse sistema ocorre devido o processo de compostagem aeróbio da cama, o qual é gerado pela contínua homogeneização dos dejetos dos animais associados à aeração rotineira (MOTA *et al.*, 2017). Porém, o sucesso do sistema depende basicamente do correto manejo da cama, sendo necessário realizar o revolvimento pelo menos uma a duas vezes ao dia, geralmente, durante os períodos de ordenha das vacas. Essa gestão é fundamental para se evitar o excesso de umidade, compactação e fornecer oxigênio ao leito, contribuindo para o aumento da decomposição aeróbia do esterco e permanência seca da superfície da cama (MARTÍNEZ; SUAREZ, 2022).

Todavia, um fator a ser levado em consideração no planejamento da atividade é a produção de elevada quantidade de cama de compostagem no sistema. Com a deposição

contínua de dejeções na cama, ocorre a necessidade da troca do material, sendo necessário a destinação correta da cama acumulada. Este material, se descartado de forma incorreta, pode causar contaminação ambiental. Evidencia-se, portanto, que a cama a ser retirada do *Compost Barn* deve ser tratada e destinada adequadamente, para seu reaproveitamento como adubo orgânico (LEDO *et al.*, 2021).

Considerando o aumento da geração desse material nas propriedades rurais, o aumento da preocupação com os impactos ambientais tem estimulado o interesse pelo processo de compostagem e reutilização desses resíduos (COTTA *et al.*, 2015), uma vez que, usado de forma racional, pode suprir uma grande demanda por fertilizantes químicos, especificamente, pelo fato dos materiais utilizados na composição da cama possuírem alta relação Carbono: Nitrogênio, característica valiosa quando trata-se de corrigir o solo organicamente. Além disso, o material apresenta grande quantidade de nutrientes que são essenciais para o desenvolvimento de culturas. Assim, seu uso racional contribui para a diminuição do seu potencial poluidor, e torna-se economicamente viável ao produtor (MOTA *et al.*, 2019).

#### **2.4 Efeitos do estresse hídrico em pastagens**

Mundialmente os ecossistemas vêm enfrentado tensões devido à rápida mudança climática antropogênica (VICIEDO *et al.*, 2019), e os impactos por todo planeta têm sido cada vez maiores. Em consequência, a ocorrência de eventos climáticos extremos, como secas e enchentes são alguns dos maiores problemas (ROCHA *et al.*, 2021).

A deficiência hídrica se destaca por ser comum em ecossistemas tropicais e subtropicais (MONTEIRO *et al.*, 2014), sendo regiões que apresentam períodos de secas e veranicos, assim, prejudicando diretamente as pastagens que dominam grande área cultivada no mundo. A deficiência hídrica ocasiona impacto global na produção agrícola e aumenta a sazonalidade da produção de forragem (SBRISIA *et al.*, 2020). Este fato é preocupante, pois, a maioria da produção de carne bovina vem de animais alimentados diretamente a pasto, por apresentarem baixo valor de produção (ROCHA *et al.*, 2021).

O estresse por deficiência hídrica é conhecido como o principal fator abiótico que limita o rendimento das plantas em muitos ecossistemas (AFSHOON *et al.*, 2022), principalmente as forrageiras, incluindo as gramíneas (GHAFAR *et al.*, 2021). Os efeitos causados por essa deficiência provocam alterações na anatomia, fisiologia e na bioquímica das plantas, que, dependendo da espécie e do período ao qual foram submetidas ao estresse, poderá afetar todos os seus estágios de desenvolvimento, desde a germinação das sementes até a produtividade (JUNIOR *et al.*, 2019).

Em condições de déficit hídrico, umas das primeiras respostas apresentadas pelas plantas para evitar a perda de água por transpiração é o fechamento estomático. Considerando que as trocas gasosas nas plantas são conduzidas via estômatos, ao induzirem o fechamento estomático para diminuir a evapotranspiração, a difusão de CO<sub>2</sub> também é reduzida (CRUZ *et al.*, 2023), resultando em menor taxa de assimilação líquida de carbono, que são alocados nas raízes ou caules sobre as folhas (HUMMEL *et al.*, 2010).

Por isso que, em períodos de déficit hídrico, é frequente detectar menor taxa fotossintética e a limitação de processos de expansão celular. Além disso, a redução das atividades de trocas gasosas também impossibilita que o calor produzido nas folhas por meio da agitação de elétrons ao receber radiação seja dissipado e o acúmulo de energia pode gerar compostos tóxicos ao metabolismo da planta (CRUZ *et al.*, 2023). Ademais, o déficit hídrico induz a produção de espécies altamente reativas de oxigênio (ROS), o que ocasiona a redução de clorofila, oxidação de lipídios e proteínas da membrana, levando a alterações do estado redox celular (SAKYA; PRAHASTO, 2020).

Diante disso, uma estratégia para amenizar o efeito do déficit hídrico em espécies forrageiras é o uso de adubos orgânicos, por fornecer ao solo vários benefícios, entre eles, a capacidade de retenção de umidade (GENG *et al.*, 2019), o tornando viável para a produção de gramíneas forrageiras, considerando que essas apresentam aumento significativo na produção em solos mais úmidos (STANIAK; KOCÓN, 2015).

## **2.5 Variáveis ambientais que influenciam o desenvolvimento de forragens**

A morfofisiologia das plantas forrageiras é afetada basicamente por três fatores, o ambiental, o manejo de cultivo e o pastejo animal. Cada uma dessas variáveis propiciam diferentes alterações, que irá depender da espécie, do genótipo e da intensidade do fator (ALVES *et al.*, 2021). Variáveis como, temperatura, radiação solar, umidade relativa, e CO<sub>2</sub> atmosférico, podem promover modificações nas características morfogênicas, e consequentemente, nas estruturas (YAMASHITA *et al.*, 2009), dependendo da intensidade de cada fator.

A temperatura e a radiação solar são as principais variáveis que controlam várias atividades metabólicas de uma planta e, alterações nessas variáveis, afetam o desenvolvimento vegetal (TAIZ *et al.*, 2017). A temperatura pode interromper o desenvolvimento da planta quando ela excede um determinado valor máximo ou cai abaixo de um certo valor mínimo (SANTOS *et al.*, 2019), podendo causar alterações nas características estruturais do dossel, ocasionando mudanças no acúmulo de forragem (ZANINI *et al.*, 2012).

A radiação solar apresenta grande importância tanto no crescimento vegetal, como na taxa fotossintética e na condutância estomática, isso devido à radiação estimular as moléculas de clorofila das plantas, iniciando o fluxo de energia no decorrer do processo de fotossíntese (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2010). Logo, a eficiência de conversão da energia luminosa em energia química determina a produção de matéria seca da planta forrageira (SANTOS *et al.*, 2020).

A umidade relativa (UR) do ar é outra variável determinante para o desenvolvimento das culturas forrageiras, seja em seus limites ótimos ou negativos, dependendo da necessidade real da planta, pode acarretar em mudanças tanto na abertura e fechamento estomático, como no processo fotossintético, como também pode favorecer o crescimento e a expansão das folhas (MORAIS, 2009), além de participar do processo transpiratório das plantas (SILVA *et al.*, 2021). Esta variável está sempre diretamente relacionada e influenciada pela temperatura do ar. Caso, o ar esteja seco, o processo de transpiração acontece mais rápido, em razão de um maior gradiente de temperatura (DALMAGO *et al.*, 2006).

O dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub> atmosférico), também pode interferir no desenvolvimento e metabolismo das plantas, caso ocorra alterações na sua concentração. Ele é um composto químico utilizado pelas plantas como fonte de fixação de carbono por meio da fotossíntese (SANTOS, 2018). Um dos efeitos diretos da concentração atmosférica de CO<sub>2</sub> é o aumento da taxa fotossintética, devido a mudanças na taxa de carboxilação, taxa de transporte de elétrons e regeneração da enzima ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco), além de efeito na redução da abertura estomática, e, por consequência, redução na transpiração (BARTON *et al.*, 2012).

Com base nessas informações, as variáveis ambientais exercem grande influência no desenvolvimento e características das plantas. As espécies forrageiras são suscetíveis a diversas variações ambientais as quais refletem sobre a sua produtividade. Nesse sentido, por meio da avaliação morfogênica, é possível conhecer seu padrão de crescimento e correlacionar as relações entre ambiente e resposta vegetal, auxiliando no processo de tomada de decisões sobre o manejo de pastagens (CRUZ *et al.*, 2021).

Nesse sentido, como essas variáveis exercem influência sobre o desenvolvimento das plantas, a caracterização das mesmas nos ambientes de cultivo é primordial para garantir condições de cultivo adequadas para as culturas, especificamente quando se trabalha com cultivo protegido, já que tem sido uma técnica crescente que se espalha por todos os continentes (SOUSSI *et al.*, 2022), e como é sabido essas variáveis no ambiente interno de cultivo protegido, são fortemente influenciadas pelas condições externas (GUERRERO *et al.*, 2020).



### 3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O Brasil é um dos maiores países produtores de rebanhos bovinos para fins comerciais no mundo, cuja a principal fonte de alimentação são as pastagens. Entre as inúmeras espécies de gramíneas forrageiras cultivadas, as mais empregadas para a alimentação desses ruminantes são as do gênero *Urochloa* e o *Megathysus maximus*. Todavia, as cultivares do gênero *Megathysus* são menos tolerantes a solos com baixa fertilidade e escassez de água.

Como é sabido, em várias regiões do Brasil, onde a bovinocultura é explorada, os solos apresentam baixas concentrações de nutrientes, sendo umas das causas para a degradação das pastagens. Por esse motivo, se aplica insumos químicos como forma de aumentar a fertilidade do solo e conseqüentemente atender as exigências nutricionais das culturas. Contudo, a aplicabilidade excessiva desses fertilizantes sintéticos pode provocar sérios problemas a saúde do solo, além, de serem produtos que apresentam altos custos no mercado. Logo, a mudança dessa tendência requer estratégias alternativas de fertilizantes que mantenham o rendimento das culturas e reduza os impactos no solo, em busca de um sistema de produção mais sustentável.

Nesse sentido, a integração de adubos orgânicos no sistema de cultivo, quando empregados em quantidades e proporções adequadas, pode efetivamente reduzir os impactos no solo e aumentar a produtividade das culturas. Além disso, pode ser uma solução prática para mitigar o efeito negativo do estresse hídrico, já que, proporciona maior retenção de água no solo, visto que, o estresse hídrico é um fator que limita o rendimento das plantas, incluindo as forrageiras.

Nesse viés, dentre as possibilidades de fontes de adubação orgânica, têm-se a cama do sistema de confinamento para bovinos leiteiros modelo *Compost Barn*. A utilização desse material como fonte de adubação orgânica se destaca por ser rico em macro e micronutrientes fundamentais para o desenvolvimento das plantas. Assim, a adoção de tal material, representa uma forma equilibrada de fornecer nutrientes para as plantas e coopera para uma agricultura circular e sustentável. Torna-se necessário, dessa forma, desenvolver estudos relacionados ao manejo e aplicação correta do composto em pastagens, diante da caracterização química do material.

Outro ponto que merece ser evidenciado é a questão das variáveis ambientais (temperatura, radiação solar, umidade relativa, CO<sub>2</sub>), e sua influência sobre o desenvolvimento dos vegetais. Portanto, realizar a caracterização do ambiente térmico de cultivo é crucial, especificamente quando se trabalha em ambiente de cultivo protegido.

## REFERÊNCIAS

- AFSHOON, E.; MOGHADAM, H.; JAHANSOOZ, M. R.; OVEISI, M.; RABIEIAN, E. Study of root traits of forage maize (*Zea mays* L.) in different tillage systems, drought stress, and nitrogen fertilizer. **Environmental Stresses in Crop Sciences**, Birjand, v. 15, n. 3, p. 613-624, 2022.
- ANPROSEM. Associação Nacional dos produtores de sementes de forragens: Cultivar Miyagui. 2023. Disponível em: < <https://anprosem.com.br/home/organizacao> >. Acesso em: 29 de jan. 2024.
- ALVES, C. P.; JÚNIOR, B. C.; ROCHA, A. K. P.; MENEZES, V. D. S. M., SILVA, E. D.; LEITE, M. L. D. M. V. Respostas morfofisiológicas das plantas forrageiras sob manejo de cultivo e pastejo: Uma revisão. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 6, p. e10610615405-10610615405, 2021.
- ARAÚJO, L. M. B. Produtividade do Capim-mombaça sob diferentes idades de rebrotação no Norte do Piauí. **Embrapa Meio-Norte-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES - ABIEC. Beef Report: **Perfil da Pecuária no Brasil**. Brasília - DF, 2022. Portal. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2022/>. Acesso em 7 jul. 2023.
- BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; HAMID, K. I. A.; YADA, I. F. U.; BARBOSA, G. M. C.; NAKATANI, A. S.; COYNE, M. S. Soil microbial properties after long-term swine slurry application to conventional and no-tillage systems in Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 490, p. 397-404, 2014.
- BARTON, C. V. M.; DUURSMA, R.A.; MEDLYN, B.E.; ELLSWORTH, D.S.; EAMUS, D.; TISSUE, D.T.; ADAMS, M.A.; CONROY, J.; CROUS, K.Y.; LIBERLOO, M.; LOEW, M.; LINDER, S.; MCMURTRIE, R. E. Effects of elevated atmospheric CO<sub>2</sub> on instantaneous transpiration efficiency at leaf and canopy scales in *Eucalyptus saligna*. **Global Change Biology**, Illinois, v. 18, p. 585-595, 2012.
- BOVAL, M.; DIXON, R. M. The importance of grasslands for animal production and other functions: a review on management and methodological progress in the tropics. **Animal**, Inglaterra, v. 6, n. 5, p. 748-762, 2012.
- BRANDÃO, D.; DUARTE, S. N.; SAMPAIO, P. R. F.; BARROS, T. H. S.; NETO, O. N. S.; SOUSA, A. B. O. Trocas gasosas em capim mombaça (*Panicum maximum* jaq. cv Mombaça) cultivado sob diferentes níveis de depleção de água no solo. *In*: RENDI, Ezequiel (org.). **Tópicos em Ciências Agrárias**, v. 7, 1ª ed. Belo Horizonte - MG: Poisson, p. 32-34, 2020.
- CALMONA, Sinomar. Amprosem desenvolve programa de melhoramento de cultivares. **Revistanelore**, São Paulo, 27 de agos.2022. Disponível em: <<https://www.revistanelore.com.br/post/anprosem-desenvolve-programa-de-melhoramento-de-cultivares>>. Acesso em: 29 de jan. 2024.

- CASTRO, C. S.; LOBO, U. G. M.; RODRIGUES, L. M.; BACKES, C.; SANTOS, A. J. M. Eficiência de utilização de adubação orgânica em forrageiras tropicais. **Revista de Agricultura Neotropical**, Mato Grosso do Sul, v. 3, n. 4, p. 48-54, 2016.
- COSTA, A. B. G. D.; DIFANTE, G. D. S.; GURGEL, A. L. C.; VERAS, E. L. D. L.; RODRIGUES, J. G.; PEREIRA, M. D. G.; MONTAGNER, D. B. Morphogenic and structural characteristics of *Panicum* cultivars during the establishment period in the Brazilian Northeast. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 43, p. e50984, 2021.
- COTTA, J. A O.; CARVALHO, N. L. C.; BRUM, T. S.; REZENDE, M. O. O. Compostagem versus vermicompostagem: Comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Pampulha, v.20, p.65-78, 2015.
- CRUZ, N. T.; PIRES, A. J. V.; FRIES, D. D.; JARDIM, R. R.; SOUSA, L. B. M., DIAS, D. L. S.; SACRAMENTO, M. R. S. V. Fatores que afetam as características morfogênicas e estruturais de plantas forrageiras. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v.10, n.7, p. e5410716180-e5410716180, 2021.
- CRUZ, N. T.; PORTO, E. M. V.; RAMOS, B. L. P.; SANTOS, H. P.; SEIXAS, A. A.; SILVA SANTOS, A. P. Estresse hídrico em plantas forrageiras: uma breve revisão. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 25, n. 1, p.221-238, 2023.
- DALMAGO, G. A.; HELDWEIN, A. B.; NIED, A. H.; GRIMM, E. L.; PIVETTA, C. R. Evapotranspiração máxima da cultura de pimentão em estufa plástica em função da radiação solar, da temperatura, da umidade relativa e do déficit de saturação do ar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p.785-792, 2006.
- DAMASCENO, F. A. 2012. **Compost bedded pack barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model**. Curso de Pós Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.
- DAMASCENO, F.A. Sistemas de confinamento para bovinos leiteiros. In **Compost Barn como Uma Alternativa para a Pecuária Leiteira**, 1ª ed. Amaral, J., Ed.; Gulliver: Divinópolis, Brazil, v. 1, p. 21–51, 2020.
- DIAS FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no brasil. Belém, PA: **Embrapa Amazônia Oriental**, 2014.
- EUCLIDES, V. P. B. **Manejo do capim-Mombaça para períodos de águas e seca**. **Embrapa Gado de Corte**; Campo Grande, MS 2014. Disponível em: [https://cloud.cnpgc.embrapa.br/clipping/files/2015/07/CorreiodoEstado\\_2508\\_ManejoMombaca\\_ValeriaPacheco2.pdf](https://cloud.cnpgc.embrapa.br/clipping/files/2015/07/CorreiodoEstado_2508_ManejoMombaca_ValeriaPacheco2.pdf). Acesso em: 08 de agosto 2023.
- FERREIRA, D. J.; ZANINE, A. M. Importância da pastagem cultivada na produção da pecuária de corte brasileira. **Revista electrónica de Veterinaria**, Malagá, v. 8, n. 3, p. 1-18, 2007.
- FLORENTINO, L. S.; SILVA, M. J. S.; SANTOS, R. M., SHOCKNESS, L. S. F.; VASCONCELOS, F. M. T.; OLIVEIRA, K. P.; JÚNIOR, J. M. B. Avaliação da produção de biomassa de forragem do capim *Panicum maximum* cv. Mombaça submetido a adubação mineral e orgânica. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 1, p. 1131-1144, 2022.

- FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J.A. **Plantas Forrageiras**. Viçosa. UFV, p. 537, 2010.
- GENG, Y.; CAO, G.; WANG, L.; WANG, S. Effects of equal chemical fertilizer substitutions with organic manure on yield, dry matter, and nitrogen uptake of spring maize and soil nitrogen distribution. **PLoS one**, Califórnia, v. 14, n. 7, p. e0219512, 2019.
- GRUDA, N. Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. **Critical reviews in plant sciences**, v. 24, n. 3, p. 227-247, 2005.
- GHAFFAR, M.A.; AKRAM, N.A.; SALEEM, M.H.; WANG, J.; WIJAYA, L.; ALYEMENI, M.N. Ecotypic morphological and physio-biochemical responses of two differentially adapted forage grasses, *Cenchrus ciliaris* L. and *Cyperus arenarius* Retz. to drought stress. **Sustainability**, v. 13, n. 14, p. 8069, 2021.
- GOMES, L. S. P.; BRAZ, T. G. S.; MOURTHÉ, M. H. F.; PARAÍSO, H. A.; NETO, O. D. S. P.; SILVA, F. E. G.; ALMEIDA, B. Q. Níveis de substituição de ureia por esterco bovino na adubação de capim-marandu. **Revista de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v.14, n. 4, p. 914-923, 2018.
- GUERRERO, F. V.; ALVAREZ, A. P.; VELÁZQUEZ, J.F. Control of greenhouse-air energy and vapor pressure deficit with heating, variable fogging rates and variable vent configurations: Simulated effectiveness under varied outside climates. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 174, p. 105515, 2020
- HAN, S.H.; AN, J.Y.; HWANG, J.; PARK, B.B. The effects of organic manure and chemical fertilizer on the growth and nutrient concentrations of yellow poplar (*Liriodendron tulipifera* Lin.) in a nursery system. **Forest Science and Technology**, v.12, p. 137-143, 2016.
- HUMMEL, I.; PANTIN, F.; SULPICE, R.; PIQUES, M.; ROLLAND, G.; DAUZAT, M.; CHRISTOPHE, A.; PERVENT, M.; BOUTEILLÉ, M.; STITT, M.; GIBON, Y.; MULLER, B. Arabidopsis plants acclimate to water deficit at low cost through changes of carbon usage: an integrated perspective using growth, metabolite, enzyme, and gene expression analysis. **Plant physiology**, v. 154, n. 1, p. 357-372, 2010.
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. Fixação biológica de nitrogênio. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. DE C. (Ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, p. 185-195, 2020.
- JÚNIOR, G. A.; GOMES, F. T.; SILVA, M. J.; JARDIN, A. M. R. F., SIMÕES, V. J. L. P., IZIDRO, J. L. P. S.; LEITE, M. L.M. V.; TEIXEIRA, V. I.; SILVA, T. G. F. Estresse hídrico em plantas forrageiras: Uma revisão. **Pubvet**, Londrina, v.13, n.1, p. 1-10, 2019.
- KEMESYTE, V.; STATKEVICIUTE, G.; BRAZAUSKAS, G. Perennial ryegrass yield performance under abiotic stress. **Crop Science**, v. 57, n. 4, p. 1935-1940, 2017.
- KUMARI K.; SURESH S.; ARISUTHA S.; SUDHAKAR K. Anaerobic co-digestion of different wastes in a UASB reactor. **Waste Management**, v. 77, p. 545-554, 2018.
- LEDO, L. L.; MENEZES, G. L.; BERALDO, M. H.; MELO, O. P. Compost barn: motivos para implantação e técnicas de manejo da cama. **Sinapse Múltipla**, v. 10, n. 1, p. 49-51, 2021.

LIANG, D.; NI, Z.; XIA, H.; XIE, Y.; LV, X.; WANG, J.; E LUO, X. Exogenous melatonin promotes biomass accumulation and photosynthesis of kiwifruit seedlings under drought stress. **Scientia Horticulturae**, Portugal, v. 246, p. 34-43, 2019.

LLONCH, L.; CASTILLEJOS, L.; MAINAU, E.; MANTECA, X.; FERRET, A. Effect of forest biomass as bedding material on compost-bedded pack performance, microbial content, and behavior of nonlactating dairy cows. **Journal of dairy science**, Nebraska, v. 103, n. 11, p. 10676-10688, 2020.

MAGALHÃES, A.; HEINRICHS, R.; MEIRELLES, G. C.; LIRA, M. V. DA S., REBONATTI, M. D.; BONINI, C. S. B.; SOARES FILHO, C. V.; MOREIRA, A. (2020). Recuperação de pastagem de *Urochloa decumbens* com sistemas de manejo e adubação fosfatada. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 7, p. e347974118-e347974118, 2020.

MACÊDO, A. J. D. S.; EDVAN, R. L.; SANTOS, E.; MAURO, S. O. A. R. E. S.; DAS NEVES, M. Adubação orgânica em pastagens tropicais: Revisão. **Revista Electrónica De Veterinaria**, v. 19, n. 3, p. 1-19, fevereiro, 2018. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>. Acesso em: 23 jul de 2023.

MARTINEZ, C. A.; OLIVEIRA, E. D.; MELLO, T. R. P.; ALZATE-MARIN, A. L. Respostas das plantas ao incremento atmosférico de dióxido de carbono e da temperatura. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Pernambuco, v. 8, n. 8, p. 635-650, 2015.

MARTÍNEZ, G. M.; SUAREZ, V. H. Bienestar de las vacas lecheras en los sistemas de compost barn. **Ciência veterinária**, v. 24, p. 1515-1883, 2022.

MATTACHINI, G.; ANTLER, A.; RIVA, E.; ARBEL, A; PROVOLO, G. Automated measurement of lying behavior for monitoring the comfort and welfare of lactating dairy cows. **Livestock Science**, v.158, n.1-3, p.145-150, 2013.

MATTOS, J. L. S; Crescimento de Espécies do Gênero *Brachiaria*, sob déficit hídrico, em Casa de Vegetação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.3, p746-754, 2005.

MEINL, M. A.; VIEIRA, P.E. O impacto do uso da tecnologia no desempenho da produção leiteira: manejo tradicional, compost barn e free stall. **Revista Ambiente Contábil**, Rio Grande do Norte, v. 14, n. 1, p.152-173, 2022.

MONTEIRO, E. M. M.; BRASIL, E. C.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; COSTA, N. A.; OLIVEIRA, C. S. B.; COSTA, E.J.F. Influência da aplicação de adubos orgânicos e fósforo sobre a produtividade do *Panicum maximum* cv. Mombaça. **Revista Verde**, Bahia, v.4, n.1, p.114-119, 2020.

MONTEIRO, J. G.; CRUZ, F. J. R.; NARDIN, M. B.; SANTOS, D. M. M. D. Growth and proline content in pigeon pea seedlings subjected to osmotic stress and to exogenous putrescine. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 18-25, 2014.

MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 27, n. 2, p. S4050-4063, 2009.

MORTENSEN, L. M. The effect of photosynthetic active radiation and temperature on growth and flowering of ten flowering pot plant species. **American Journal of Plant Sciences**. v.3, n. 5, p.1907–1917, 2014.

MOTA, V. C.; ANDRADE, E. T.; PINTO, S. M.; ABREU, L. R. D.; LEITE, D. F. Utilization of bedded cattle confinement for organic manure of maize crop. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 620-624, 2019.

MOTA, V. C.; CAMPOS, A. T.; DAMASCENO, F. A.; RESENDE, E. A. M.; REZENDE, C. P. A.; ABREU, L. R.; VAREIRO, T. Confinamento para bovinos leiteiros: histórico e características. **Pubvet**, Paraná, v. 11, n.5, p. 424-537, 2017.

OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; SANTOS, I. P. A.; HIGASHIKAWA, E. M.; VENTURIN, N. Produtividade de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. *Marandu* sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. **Ciência e Agrotecnologia**, Minas Gerais, v.31, n. 3, p.748-757, 2007.

OLIVEIRA, H. B. P.; SANTANA, L. M.; DOS SANTOS, C. E. R.; MAZZINI-GUEDES, R. B. CASA DE VEGETAÇÃO DE BAIXO CUSTO. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, Pelotas, v. 7, p. 7-13, 2019.

PEZZOPANE, J. R. M.; SANTOS, P. M.; EVANGELISTA, S. R. M.; BOSI, C., CAVALCANTE, A. C. R., BETTIOL, G. M.; MIRANDA GOMIDE, C. A.; PELLEGRINO, G. Q. *Panicum maximum* cv. Tanzânia: climate trends and regional pasture production in Brazil. **Grass and Forage Science**, v.72, n.1, 104–117, 2017.

PIOVESAN, S. M.; OLIVEIRA, D. S. Fatores que influenciam a sanidade e conforto térmico de bovinos em sistemas compost barn. **Vivências**, Erechim, v. 16, n. 30, p. 247-258, 2020.

PURQUERIO, L. F. V.; TIVELLI, S. W. Manejo do ambiente em cultivo protegido. **Manual técnico de orientação: projeto hortalimento**. São Paulo: Codeagro, 2006.

RAMÍREZ-PEDROSO, J.F.; GONZÁLEZ-CAÑIZARES, P. J.; SALAZAR-RUIZ, X, LLANES-TORRES, D.; RAMÓN RIVERA-ESPINOSA, R.; HERNÁNDEZ-JIMENEZ, A.; PLANA-LLERENA, R. Inoculación micorrízico-arbuscular y reducción de la fertilización orgánica y nitrogenada en *Megathyrus maximus* cv. Likoni. **Pastos y Forrajes**, Matanzas, v. 40, n. 2, p. 108–117, 2017.

ROCHA JUNIOR, P.R.; ANDRADE, F.V.; MENDONÇA, E.S.; DONAGEMMA, G.K.; FERNANDES, R.B.A.; BHRATHARAI, R.; KALITA, P.K. Soil, water, and nutrient losses from management alternatives for degraded pasture in Brazilian Atlantic Rainforest biome. **Science of the Total Environment**, v. 583, p. 53-63, 2016.

ROCHA, J. R.; PRADO, M.R.; TEIXEIRA, G. C. M.; OLIVEIRA FILHO, A. S. B. Si fertigation attenuates water stress in forages by modifying carbon stoichiometry, favouring physiological aspects. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 207, n. 4, p. 631-643, 2021.

SAKYA, A.; PRAHASTO, D. The application of phosphorus and potassium to increase drought tolerance in *Pereskia bleo* (Kunt) DC with proline and antioxidant indicators. *In*: IOP Conference Series: **Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, p. 012055, 2020.

- SANTOS, A. R. M. D.; GOMES, F. J.; XIMENES, E. S. O. C.; ARAGÃO, W. F. D. X.; SILVA, A. C. D. Efeito do ambiente luminoso em forrageiras de clima tropical em sistemas silvipastoris. **Nativa. Pesquisas Agrárias e Ambientais**, Mato Grosso, v. 8, n. 5, p. 633-642, 2020.
- SANTOS, J. I. **Aumento da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico e seus efeitos na interação planta daninha/cultura da soja**. 2018. Tese (Doutorado em Agronomia) – Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, p. 92, 2018.
- SANTOS, J. M. D. **Efeito de variáveis meteorológicas no crescimento e produtividade de cultivares de capim na zona da mata alagoana**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, p.71, 2019.
- SBRISSIA, A. F.; SCHMITT, D.; DUCHINI, P. G.; SILVA, S. C. Unravelling the relationship between a seasonal environment and the dynamics of forage growth in grazed swards. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 206, n. 5, p. 630-639, 2020.
- SILVA JÚNIOR, L. C.; LUCAS, F. T.; BORGES, B. M. M. N.; SILVA, W. J. Influência da radiação fotossinteticamente ativa no crescimento e Desenvolvimento de forrageiras tropicais. **FAZU em Revista**, Uberaba, n.7, p.63- 67, 2010.
- SILVA, G. G. B. S.; FERRAZ, P. F. P.; DAMASCENO, F. A.; ZOTTI, M. L. A. N.; BARBARI, M. Compost Barns: A Bibliometric Analysis. **Animals**, v. 12, n. 19, p. 2492, 2022.
- SILVA, T. R. G.; COSTA, M. L. A.; FARIAS, L. R. A.; SANTOS, M. A.; LIMA ROCHA, J. J.; SILVA, J. V. Fatores abióticos no crescimento e florescimento das plantas. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 4, p. e19710413817-e19710413817, 2021.
- SINCLAIR, T. R.; RUFTY, T. W. Nitrogen and water resources commonly limit crop yield increases, not necessarily plant genetics. **Global Food Security**, v. 1, n. 2, p. 94-98, 2012.
- SIBBR, **Sistema de informação sobre a Biodiversidade Brasileira**. 2023. Disponível: <https://ala-bie.sibbr.gov.br/ala-bie/species/295309#>. Acessado: 07 de agosto de 2023.
- SOUSSI, M., CHAIBI, M. T.; BUCHHOLZ, M.; SAGHROUNI, Z. Comprehensive review on climate control and cooling systems in greenhouses under hot and arid conditions. **Agronomy**, v. 12, n. 3, p. 626, 2022.
- TAVARES, P. C. **Produção e valor nutritivo de *Panicum maximum* Jacq. cv. Miyage manejada sob duas alturas de resíduo**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Zootecnia - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2019.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, p.848, 2017.
- VICIEDO, D. O.; PRADO, M.R.; MARTÍNEZ, C. A.; HABERMANN, E.; PICCOLO, C. M. Short-term warming and water stress affect *Panicum maximum* Jacq. stoichiometric homeostasis and biomass production. **Science of The Total Environment**, v. 681, p. 267-274, 2019.

VITOR, C. M. T.; FONSECA, D. M. D.; CÓSER, A. C.; MARTINS, C. E.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. 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 zootecni**, Piracicaba, v. 38, p. 435-442, 2009.

YAMASHITA, O. M.; GUIMARÃES, S. C.; SILVA, J. L.; CARVALHO, M. A. C.; CAMARGO, M. F. Fatores ambientais sobre a germinação de *Emilia sonchifolia*. **Planta daninha**, Viçosa, v. 27, p. 673-681, 2009.

ZANINI, G. D.; SANTOS, G. T.; SBRISSIA, A. F. Frequencies and intensities of defoliation in Aruana Guineagrass swards: accumulation and morphological composition of forage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, p. 905-913, 2012.



**SEGUNDA PARTE – ARTIGOS**

**ARTIGO 1: RESPOSTA DA FORRAGERIA *Megathyrus maximus* cv. MIYAGUI ADUBADA COM CAMA DE COMPOST BARN E ADUBAÇÃO QUÍMICA SUBMETIDA AO DÉFICIT HÍDRICO**

**ARTIGO REDIGIDO CONFORME O MANUAL DE NORMALIZAÇÃO E ESTRUTURA DE TRABALHOS ACADÊMICOS: TCCS, MONOGRAFIAS, DISSERTAÇÕES E TESES 4ª EDIÇÃO REVISTA, ATUALIZADA E AMPLIADA**

## **RESPOSTA DA FORRAGERIA *Megathyrus maximus* cv. MIYAGUI ADUBADA COM CAMA DE COMPOST BARN E ADUBAÇÃO MINERAL SUBMETIDA AO DÉFICIT HÍDRICO**

### **RESUMO**

O Brasil possui o maior rebanho bovino do mundo, sendo que grande parte é criado em áreas de pastagens, as quais representam a principal fonte alimentar para esses ruminantes. A espécie *Megathyrus maximus* é uma das gramíneas forrageiras utilizadas, sendo a cultivar Miyagui umas das mais empregadas. A fertilidade do solo e a escassez hídrica são fatores limitantes na produção dessa forragem. Uma alternativa economicamente viável e sustentável em resposta a essas duas limitações e a mitigação do uso de adubos sintéticos, é a adubação orgânica. Assim, nessa pesquisa, se propôs testar a eficiência do adubo orgânico proveniente da cama do *Compost Barn* como fonte de adubação orgânica comparada à adubação química no cultivo de *Megathyrus maximus* cv. Miyagui, submetida a períodos de restrição hídrica. O delineamento experimental foi montado em blocos casualizado (DBC), em esquema fatorial 2x3 com 6 repetições. Os fatores em estudo foram as fontes de adubação (mineral e orgânico) e níveis de restrição hídrica (0, 5 e 10 dias). As avaliações produtivas, morfofisiológicas e fisiológicas das plantas foram realizadas ao final do experimento, enquanto a avaliação do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) foi realizada durante os períodos de déficit hídrico. Os dados foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, aplicado o teste Tukey, quando necessário ( $p < 0,05$ ). Além disso, foi aplicada a Análise de Componentes Principais. Para a maioria das variáveis os fatores atuaram de forma isolada, havendo interação entre os fatores (Adubação x restrição hídrica) apenas para massa fresca, massa seca de raiz e condutância estomática. A adubação orgânica da cama de *Compost Barn* promoveu melhoria das propriedades químicas do solo. Apesar de ter apresentado menor influência sobre algumas características morfofisiológicas, devido à lenta liberação dos nutrientes, promoveu maior produção de massa seca de raiz para o período mais longo de déficit hídrico. Além disso, possibilitou menores variações para os valores de NDVI durante os períodos de 5 e 10 dias de restrição hídrica. A adubação orgânica proveniente do sistema *Compost Barn* apresentou resultados promissores, podendo ser aplicada nas plantas forrageiras, cooperando para uma agricultura circular e sustentável.

**Palavras-chaves:** Capim-Miyagui. Resíduo orgânico. Agricultura sustentável.

## ABSTRACT

Brazil has most of the world's cattle herds, most of which are raised in pasture areas, as they represent the main source of food for these ruminants. The *Megathyrsus maximus* species is one of the forage grasses used, with the Myiagui cultivar being one of the most used. Soil fertility and water deficiency are limiting factors in the production of this forage. An economically viable and sustainable alternative in response to these two limitations and mitigation of synthetic fertilizers is organic fertilizer. Thus, the research proposed to test the efficiency of organic fertilizer from Compost Barn bedding as a source of organic fertilizer compared to chemical fertilizer in the cultivation of *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui imposed periods of water restrictions. The experimental design was in randomized blocks (DBC) with two sources of fertilizer (mineral and organic) and three levels of water restriction (0, 5 and 10 days). The productive, mold-physiological and physiological evaluations of the plants were carried out at the end of the experiment. The data were subjected to analysis of variance using the Tukey Test and Principal Component Analysis. For most of the variables, the factors acted in isolation, with an interaction between the factors (Fertilization x Water restriction) only for fresh mass, dry mass of roots and stomatal conductance. The organic fertilization of the Compost Barn bed promoted an increase in the chemical properties of the soil, presenting a positive response to the productivity of *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui, with values close to synthetic fertilizer, promotes greater root mass production for a longer period of water deficit and better response to the plant's physiological characteristics, allowing for smaller variations in NDVI values during periods of 5 and 10 days of water replacement. This confirms that the organic fertilizer from the compost barn composting system shows promising results and can be applied to forage plants, contributing to circular and sustainable agriculture.

**Keywords:** Myiagui grass. Organic fertilizer. Sustainable Agriculture.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta grande extensão territorial e condições edafoclimáticas que são fundamentais para que o país tenha expressivo desenvolvimento de suas atividades pecuárias e agrícolas (ZUFFO *et al.*, 2022). Na última atualização reposta pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), o país possui o segundo maior rebanho bovino do mundo, com cerca de 252 milhões de cabeças de gado.

A maior parte desses bovinos são criados em áreas de pastagens (AZEVEDO *et al.*, 2021), as quais representam a principal fonte alimentar para os bovinos brasileiros, com isso, a qualidade dessas pastagens é essencial para a pecuária do país (FELTRAN-BARBIERE *et al.*, 2021). As gramíneas forrageiras tropicais mais empregadas nos sistemas pecuários são as espécies do gênero *Urochloa*, *Cynodon*, *Megathyrsus*, *Paspalum* e *Pennisetum* (ZUFFO *et al.*, 2022). Atualmente, essas forrageiras são a base da alimentação do gado de corte e leite, especificamente pela ótima qualidade nutricional e adequada adaptação aos sistemas de produção brasileiros (FONSECA *et al.*, 2022).

A espécie *Megathyrsus maximus* é uma das gramíneas forrageiras de grande relevância para produção de bovinos nas regiões de clima tropical e subtropical (VICIEDO *et al.*, 2019). A utilização e o interesse por cultivares pertencentes a esse gênero vem aumentando constantemente, devido ao seu grande potencial de produtividade, ampla adaptabilidade, boa qualidade de forragem e facilidade de estabelecimento (MINGOTTE *et al.*, 2011). Entre suas cultivares, tem-se a Miyagui, que apresenta grande produção de forragem, excelente qualidade nutricional, boa aceitabilidade e digestibilidade por parte dos animais, contudo, necessita de solos de média e alta fertilidade e possui baixa tolerância à seca (ANPROSEM, 2023).

Como se sabe, as plantas forrageiras apresentam respostas a diversos fatores ambientais que são determinantes ao seu desenvolvimento (SANTOS *et al.*, 2020), entre esses fatores, a fertilidade do solo e a escassez hídrica são os mais limitantes. Na atividade pecuária, a fertilidade do solo, é uma das características essenciais para assegurar a estabilidade e a produtividade do ecossistema de pastagem (DIAS-FILHO; LOPES, 2021), sendo também essencial a adequada disponibilidade de água.

A insuficiência hídrica é um fator que limita a manutenção de processos essenciais à sobrevivência da planta, promovendo reduções significativas no rendimento de espécies cultivadas, devido à diminuição do seu máximo potencial produtivo (ANSARI *et al.*, 2019). A deficiência de água provoca impacto global na produção agrícola, impulsionando o aumento da sazonalidade da produção de forragem (SBRISSIA *et al.*, 2020).

Nessa perspectiva, é importante adotar técnicas de manejo adequadas, que proporcionem disponibilidade de água e nutrientes para as plantas. Uma alternativa economicamente sustentável em resposta a essas duas limitações citadas, é a adubação orgânica, a qual pode ser obtida por meio de resíduos de origem animal ou vegetal (BIAI *et al.*, 2021). A adubação orgânica possui elementos fundamentais para o crescimento das plantas e podem melhorar o rendimento e a qualidade das culturas sem afetar o meio ambiente (HAN *et al.*, 2018), além disso, melhora a capacidade de retenção de água no solo (ALLAM *et al.*, 2022), devido à matéria orgânica permitir maior agregação e coesão entre as partículas, resultando em um solo mais poroso (PEREIRA; SANTOS, 2013).

O uso desta fonte de adubação, representa uma prática ambientalmente correta cooperando para os sistemas agrícolas sustentáveis (TOMAZ *et al.*, 2021), em que, os pecuaristas podem reutilizar os próprios resíduos gerados em seus sistemas de criação como adubação orgânica, a exemplo dos resíduos gerados nos sistemas de confinamento *Compost Barn*, que produzem quantidades expressivas de material compostado proveniente da cama utilizada para o descanso dos animais (MOTA *et al.*, 2018).

Geralmente, a cama é constituída por maravalha ou serragem (ou algum outro material suporte abundante na região), e matéria orgânica proveniente dos dejetos dos animais confinados, fornecendo os elementos essenciais, como carbono, nitrogênio, água e microorganismos, que são fundamentais no processo de compostagem (DARIVA *et al.*, 2022). É necessário realizar o revolvimento do material pelo menos de duas a três vezes no dia, para que ocorra a aeração da cama, melhorando a atividade dos microrganismos aeróbios que atuam na decomposição dos dejetos (ZANETONI *et al.*, 2022).

Logo, o produto final da mistura desses materiais promove a geração do composto orgânico, que pode ser aplicado na agricultura (GALAMA *et al.*, 2012), especificamente nas áreas de pastagens, que, quando aplicada de forma adequada, se torna uma opção válida para a sustentabilidade da agricultura e melhoria dos serviços ecossistêmicos, como a reciclagem de nutrientes, melhoria da saúde do solo e estoques de carbono (SOC) (ADHIKARI; HARTEMINK, 2016), além disso, aumenta a capacidade de armazenamento de água no solo (WEIL; BRADY, 2016).

Dessa forma, com o emprego consistente da cama como fertilizante orgânico, mitiga-se o uso intensivo de fontes sintéticas de nutrientes, que geram efeitos indesejáveis na saúde solo, como acidificação, compactação, acúmulo de metais pesados e supressão da flora microbiana benéfica do solo (KHAN *et al.*, 2021). Além de propiciar a redução dos custos, a adubação

orgânica traz o benefício ao pecuarista de oferecer um destino ambientalmente adequado aos resíduos orgânicos gerados dentro das propriedades.

Nesse contexto, o objetivo da pesquisa foi testar a eficiência do composto orgânico proveniente da cama do sistema *Compost Barn* como fonte de adubação orgânica comparada à adubação química no cultivo de *Megathyrus maximus* cv. Miyagui submetida a períodos de restrição hídrica em sistema de cultivo protegido.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Construções, Ambiente e Sustentabilidade, lotado no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras - UFLA, situada na cidade de Lavras, sul do Estado de Minas Gerais, com uma altitude média de 910 metros, latitude de 21°14'06"S e longitude de 45°00'00"W. De acordo com a classificação climática proposta por Köppen, é do tipo Cwa, com inverno seco e chuvas predominantes no verão, com precipitação total média anual de 1.530 mm e temperatura média anual de 19,4°C (BRASIL, 1992; DANTAS *et al.*, 2007).

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação, pertencente ao Departamento de Fitopatologia da UFLA. A estrutura era do tipo arco geminado, com área total de 145,3 m<sup>2</sup>, largura de 8,7 m, comprimento de 16,7 m, pé-direito de 3,0 m e altura total de 4,5 m, orientada no sentido Leste-Oeste, coberta por filme de polietileno de baixa densidade, com 150 µm de espessura e aditivo anti-UV. Os fechamentos transversais e longitudinais eram constituído de tela sombrite (50%) (Figura 1-A). As unidades experimentais foram distribuídas sobre bancadas, com altura de 1m do nível do solo, comprimento de 3 m e largura de 1m (Figura B).

Figura 1 – Casa de vegetação (A) e unidades experimentais dispostas sobre bancadas (B).



Fonte: Acervo da pesquisa.

## 2.2 Delineamento experimental

O experimento foi montado no delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial (2x3), sendo o primeiro fator referente à adubação (mineral e orgânica), e o segundo fator, à restrição hídrica (0; 5; 10 dias). O ensaio foi implantado com seis repetições por tratamento. Cada parcela experimental foi constituída por um vaso de 5 dm<sup>3</sup> contendo quatro plantas, totalizando 36 parcelas experimentais.

## 2.3 Condução do experimento

O solo utilizado no experimento foi coletado de barranco, em uma área localizada na UFLA, na profundidade de 0 a 40 cm. O material foi peneirado e, em seguida, foi encaminhada uma amostra para o Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Ciência do Solo (DCS) da UFLA, para ser submetida a análises físico-químicas. Os resultados estão descritos nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1- Características físicas do solo (0-40 cm) utilizado no experimento, realizado pelo Laboratório de Análise de solo do Departamento de Ciência do Solo (DCS) UFLA.

Classificação textural	Análise granulométrica (dag kg <sup>-1</sup> )		
	Argila	Silte	Areia
Muito argiloso	69	13	18

Fonte: Acervo da pesquisa.

Tabela 2 – Propriedades físico-químicas do solo (0-40 cm) utilizado no experimento, realizado pelo Laboratório de Análise de solo do Departamento de Ciência do Solo (DCS) UFLA.

Propriedade so solo	Unidade do solo	Valor
CE	mS cm <sup>-1</sup>	0,01
pH	-	5,30
N	g kg <sup>-3</sup>	0,35
K	mg dm <sup>-3</sup>	14,34
P	mg dm <sup>-3</sup>	0,00
Na	mg dm <sup>-3</sup>	3,00
Ca	cmolc dm <sup>-3</sup>	0,55
Mg	cmolc dm <sup>-3</sup>	0,14
Al	cmolc dm <sup>-3</sup>	0,00
H+Al	cmolc dm <sup>-3</sup>	0,50
M.O	dag kg <sup>-3</sup>	0,40
Zn	mg dm <sup>-3</sup>	0,10
Fe	mg dm <sup>-3</sup>	29,10
Mn	mg dm <sup>-3</sup>	4,00
Cu	mg dm <sup>-3</sup>	0,43
B	mg dm <sup>-3</sup>	0,05
S	mg dm <sup>-3</sup>	10,30

CE: Condutividade Elétrica; pH: Potencial Hidrogeniônico; Al: Alumínio; S: Enxofre; P: Fósforo; Mg: Magnésio; K: Potássio; Ca: Cálcio; N: Nitrogênio; Mn: Manganês; Fe: Ferro; Zn: Zinco; Cu: Cobre; Na: Sódio; B: Boro.

Fonte: Acervo da pesquisa.

O material orgânico utilizado foi a cama proveniente de um sistema de confinamento para Gado Leiteiro modelo *Compost Barn*, pertencente à Fazenda Progresso Olaria, localizada na comunidade Cajuru do Cervo, município de Lavras-MG. O sistema funciona com bovinos leiteiros da raça holandesa com uma área de cama de 10 m<sup>2</sup> por animal em confinamento. A cama é constituída por serragem de madeira e maravalha e os próprios dejetos gerados pelos bovinos. Esse material geralmente é revolvido de duas a três vezes ao dia, durante a ordenha dos animais. A instalação possui ventilação forçada, e a espessura média da cama varia, porém geralmente é mantida nos níveis adequados para promover conforto e bem-esta dos animais.

A coleta do material foi realizada seguindo a metodologia normatizada (CETESB, 1999), sendo coletadas amostras de vários pontos do sistema de confinamento para compor uma única amostra, que, posteriormente, foi submetida a um período de descanso, que correspondeu a duas semanas. Logo após, uma amostra representativa foi encaminhada para o Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Ciência do Solo (DCS) da UFLA para caracterização



química, conforme metodologia de Tedesco *et al.* (1995). Os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Caracterização química do composto orgânico proveniente da cama do sistema *Compost Barn* utilizado no experimento, realizado pelo Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Ciência do Solo (DCS) da UFLA.

Propriedade do composto	Unidade do solo	Valor
CE	mS cm <sup>-1</sup>	5,18
pH	-	8,70
N	g kg <sup>-1</sup>	9,70
K	mg dm <sup>-3</sup>	7.296,03
P	mg dm <sup>-3</sup>	589,69
Na	mg dm <sup>-3</sup>	2.036,00
Ca	cmolc dm <sup>-3</sup>	3,47
Mg	cmolc dm <sup>-3</sup>	7,47
Al	cmolc dm <sup>-3</sup>	0,10
H+Al	cmolc dm <sup>-3</sup>	0,50
M.O	dag kg <sup>-3</sup>	33,00
Zn	mg dm <sup>-3</sup>	30,20
Fe	mg dm <sup>-3</sup>	42,70
Mn	mg dm <sup>-3</sup>	77,80
Cu	mg dm <sup>-3</sup>	0,58
B	mg dm <sup>-3</sup>	0,67
S	mg dm <sup>-3</sup>	331,10

CE: Condutividade Elétrica; pH: Potencial Hidrogeniônico; Al: Alumínio; S: Enxofre; P: Fósforo; Mg: Magnésio; K: Potássio; Ca: Cálcio; N: Nitrogênio; Mn: Manganês; Fe: Ferro; Zn: Zinco; Cu: Cobre; Na: Sódio; B: Boro.

Fonte: Acervo da pesquisa.

A partir dos resultados obtidos na composição química do composto orgânico, foi determinada uma dose para aplicação de 250 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, quantidade definida dentro da recomendação para implantação de pastagem, a qual pode variar de 100 a 400 kg ha<sup>-1</sup> (MELLO *et al.*, 2008). Com isso, a dose foi calculada com base na quantidade de nitrogênio apresentada no material orgânico, que correspondeu a 25.773 kg ha<sup>-1</sup>, ressaltando que a mesma foi convertida em volume por vaso. Com base nisso, foi realizado o cálculo para determinar a quantidade de nutrientes presentes na dose definida. Os valores são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Quantidade de nutrientes presentes na dose aplicada no composto orgânico.

Dose aplicada (kg ha <sup>-1</sup> )	Nutrientes contido na dose (kg ha <sup>-1</sup> )										
	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
25773	250,00	38,00	470,00	45,00	58,00	1,90	2,80	5,01	0,04	0,04	21,30

N: nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; Zn: Zinco; Fe: Ferro; Mn: Manganês  
Cu: Cobre; B: Boro; S: Enxofre.

Fonte: Acervo da pesquisa.

A adubação mineral foi estabelecida conforme a recomendação para adubação em vaso proposta por Malavolta (1981), com adaptações, seguindo o princípio de equalizar a mesma quantidade de nitrogênio, componente principal em estudo. Com isso, foram ajustadas as concentrações de macronutrientes (Ca, P, S) do adubo orgânico, com adição de fertilização mineral, bem como, foram elevados os valores de concentração de potássio e magnésio da adubação mineral, devido à alta concentração desses nutrientes presentes no composto orgânico. Dessa forma, as duas adubações (mineral e orgânica), ficaram equivalentes, permitindo a comparação dos efeitos entre as duas fontes, conforme descrito na Tabela 5.

Tabela 5 – Equalização dos nutrientes (dm<sup>3</sup> vaso<sup>-1</sup>) adaptada de Malavolta (1981).

Nutrientes	Adubação			
	Mineral	Equalização	Orgânica	Equalização
N	125,00	-	125,00	-
P	100,00	-	19,00	81,00
K	75,00	160,00	235,00	-
Ca	37,50	-	22,50	15,00
Mg	7,50	21,50	29,00	-
S	25,00	-	10,65	14,35

N: nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; S: Enxofre.

Fonte: Acervo da pesquisa.

As fontes minerais utilizadas se deram na forma: nitrato de Amônio (H<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>); fosfato de amônio dibásico ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>); cloreto de potássio (KCL); sulfato de magnésio (MgSO<sub>4</sub>7H<sub>2</sub>O); sulfato de cálcio (CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O); sulfato de zinco (ZnSO<sub>4</sub>7H<sub>2</sub>O); sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>5H<sub>2</sub>O); sulfato de ferro (FeSO<sub>4</sub>7H<sub>2</sub>O); ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>). Todos os nutrientes foram diluídos em água destilada, formando uma solução homogênea e pipetada 20 mL sobre o solo contido no vaso, de forma a receberem a mesma quantidade.

O volume do solo a ser adicionado por vaso foi calculado por meio da equação 1:

$$M_u = M_s (1+U) \quad (1)$$

Em que:  $M_u$ : Massa úmida;  $M_s$ : massa seca do solo por vaso;  $U$ : umidade do solo.

que correspondeu a 4514,8 dm<sup>3</sup> de solo seco/vaso. A dose do composto orgânico definida foi convertida para dm<sup>3</sup> de solo, aplicando a divisão da mesma por 2.000.000 dm<sup>3</sup>, o qual corresponde 0-20 cm da camada arada do solo. Baseado nisso, multiplicou-se o resultado pelo volume de solo por vaso, obtendo-se assim, 98,87 g de composto por vaso.

A cultivar selecionada para o experimento foi a *Megathyrus maximus* cv. Miyagui. A semeadura ocorreu de forma direta em 28 de setembro de 2023, sendo distribuídas 30 sementes de forma equidistante em cada vaso de 5 dm<sup>3</sup>. Após a emergência foi realizado o desbaste das plântulas, deixando quatro plantas/vaso, priorizando as que apresentaram maior vigor.

Durante o período experimental foram monitoradas as variáveis temperatura ( $T$ , °C), a umidade relativa do ar (UR, %), radiação solar global ( $R_g$ ,  $Wm^{-2}$ ) e concentração de Dióxido de Carbono ( $CO_2$ , ppm), dentro da casa de vegetação.

A temperatura e a umidade relativa do ar foram obtidas por meio de sensores internos de dataloggers Onset modelo Hobbo, apresentando faixa de medição de temperatura de -20°C a 70°C, precisão de  $\pm 0,35^\circ C$  (0°C a 50°C), resolução de 0,03°C, sensor de umidade relativa com faixa de medição de 5% a 95% de umidade relativa, precisão de  $\pm 2,5\%$  (10% a 90% de umidade relativa), resolução de 0,05%. Para isso, foram utilizados quatro equipamentos desse tipo, instalados em quatro pontos, sendo os pontos 1, 2 e 3 distribuídos sobre as bancadas com as unidades experimentais e o ponto 4 no centro geométrico da instalação. Esses equipamentos foram pré-configurados para que a cada 10 minutos realizassem leituras automaticamente.

A  $R_g$  foi determinada com auxílio de um medidor de energia solar digital portátil mod. MES-100. As concentrações de  $CO_2$  foram determinadas por meio de um monitor de  $CO_2$  Telaire 7001, com resolução de  $\pm 1$  ppm e precisão de  $\pm 50$  ppm. As leituras eram exibidas pelo equipamento em cerca de 30 segundos. As determinações de  $R_g$  e  $CO_2$  foram realizadas nos pontos pré-estabelecidos e foram tomadas em 3 dias da semana das 9 às 18 horas, com intervalo de 3 horas entre as medições (9, 12, 15 e 18 h).

## 2.4 Aplicação do déficit hídrico

Para o estudo do fator presença ou não de déficit hídrico, o mesmo foi imposto nas épocas específicas avaliadas na presente pesquisa. Quando as plantas se encontravam estabelecidas, foi realizado o corte de uniformização, após isso, foi aplicada a restrição hídrica, equivalendo a 5 e 10 dias, simulando um período curto de veranico (MARTINS, 2017). Para o

tratamento sem restrição hídrica, esse recebeu irrigação diariamente durante todo o período experimental, mantendo-se sempre o solo na capacidade de campo.

A capacidade de campo (Cc) e ponto de murcha permanente (PMP) foram determinadas utilizando mesa de tensão a 10kPa e extrator de placas porosas (Câmara de Richards) a 1500 kPa, respetivamente. Para isso, foi coletada uma amostra de 200g do composto orgânico incorporado ao solo e do solo puro. Seis subamostras deformadas de cada material foram adicionadas em cilindros de PVC de volume conhecido, com fundo revestido de nylon e amarrado com elástico.

As amostras foram colocadas dentro de uma bandeja acrescentado água até  $2/3$  da altura dos cilindros, deixando-as em repouso para saturar. Após isso, as mesmas foram levadas para mesa de tensão e ao extrator de Richards, até a estabilização da drenagem. Em seguida, foram pesadas e levadas para secar em estufa de circulação e ar a 65°C por 24h. Posteriormente determinou-se o peso seco das amostras. A partir dos resultados, foi possível calcular a retenção de água em cada potencial, por meio da diferença entre a umidade volumétrica no ponto de murcha permanente e na capacidade de campo.

No decorrer do experimento, os vasos eram pesados com intervalo de um dia e a quantidade de água perdida através da evapotranspiração era devidamente repostada. Quando aplicado o período de restrição, os vasos foram pesados diariamente para acompanhar a perda de água por evapotranspiração. Transcorrido os dias de restrição, foi reestabelecida a irrigação.

## **2.5 Variáveis analisadas**

Ao final do experimento, 70 dias após a semeadura (DAS), período em que as plantas passaram pelo déficit hídrico, foram analisadas as seguintes variáveis: altura da planta (H), número de folhas (NF), número de perfilho (NP), massa fresca da parte aérea (MFA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca parte aérea (MSA), massa seca de raiz (MSR), índice de clorofila (IC), índice de vegetação por diferença normatizada (NDVI) e trocas gasosas.

A altura das plantas foi mensurada por meio de uma régua graduada (cm), posicionada do nível do solo até a curvatura média das plantas. A contagem do número de perfilho foi realizado manualmente, por planta, assim como também foi contabilizado o número de folhas total, levando em consideração aquelas em expansão. O índice de clorofila foi determinado antes e após o estresse hídrico, por meio do SPAD-502 Plus Medidor de Clorofila, em três pontos distintos, em 10 folhas totalmente expandidas dentro da parcela.

O índice de vegetação por diferença normatizada (NDVI), foi mensurado para avaliar a saúde das plantas, utilizando um medidor portátil GreenSkeer. As leituras foram realizadas em

cada vaso em dias intercalados, sempre entre as 9:00 e 10:00 horas da manhã, durante todo o período de restrição hídrica. Para processar a leitura, o equipamento foi posicionado a uma altura de 1,0 m acima e paralelamente à superfície do dossel. As leituras em cada vaso ocorreram a 0,1 segundo.

A análise de trocas gasosas foi realizada ao final do período da restrição hídrica, sendo avaliadas as seguintes variáveis: taxa fotossintética ( $A$  -  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$  -  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e transpiração ( $E$  -  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). A partir dos valores obtidos na taxa fotossintética e transpiração, foi determinada a estimativa da eficiência instantânea do uso de água [EUA= $A/E$  ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ )]. Tais medições foram feitas entre as 8:00 e 10:00 horas da manhã, por meio de um analisador de trocas gasosas por infravermelho (IRGA, modelo LICOR 6400, Li-COR Biosciences, Lincoln, NE, USA), para plantas.

Após realizar estas avaliações, as plantas foram submetidas a um corte de 10 cm, para obtenção da massa fresca. Em seguida, cuidadosamente as raízes foram retiradas dos vasos, lavadas com água sob pressão, e separadas do resíduo, por meio de corte na região do colo. Esses materiais foram todos acondicionados separadamente em sacos de papel kraft identificados para serem submetidos a pesagem, considerando a massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa fresca da raiz (MFR), com auxílio de uma balança digital com precisão de 0,0001g. Posteriormente, esses materiais foram colocadas em estufa a 55°C por 72 horas para obtenção da massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR), expressa em g planta<sup>-1</sup>.

## 2.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o Teste F ( $p < 0,05$ ). Quando houve efeito significativo para os fatores estudados, procedeu-se à aplicação do Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). O *software* utilizado foi o SISVAR versão 5.8 (FERREIRA, 2011).

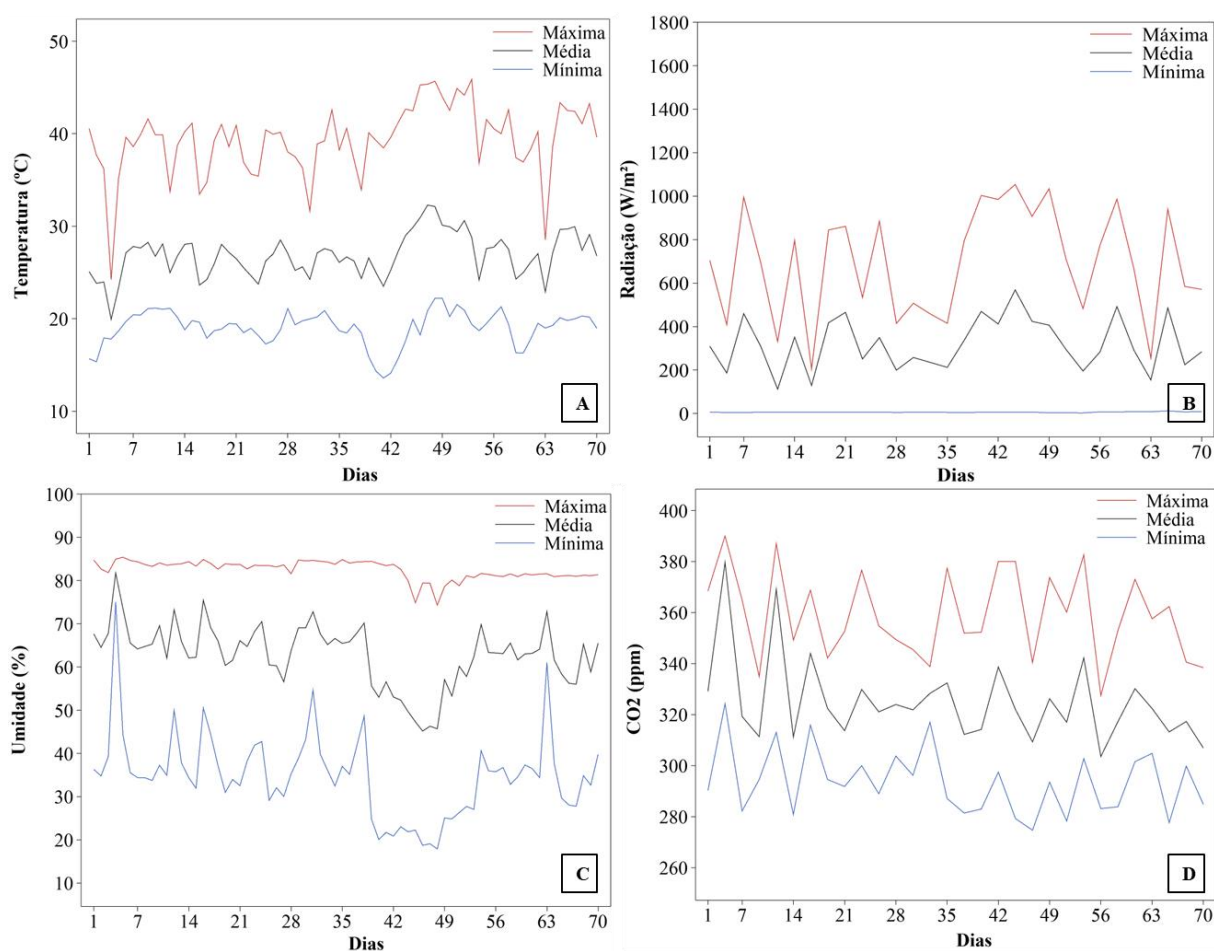
A Análise multivariada foi empregada para auxiliar na interpretação do grande conjunto de dados obtidos, por meio da Análise dos Componentes Principais ACP (Principal Component Analysis - PCA) que foi realizada com o objetivo de verificar quais as variáveis se correlacionaram com os tratamentos propostos. Para a análise, foram considerados os dados médios de todos os parâmetros estudados e suas relações. O *software* utilizado foi o RStudio versão 2021 (R CORE TEAM, 2021).

As médias das variáveis dentro da casa de vegetação foram calculadas em função dos dias de avaliação a partir dos dados adquiridos nos pontos definidos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições ambientais registradas no período experimental são apresentadas na Figura 2. A temperatura do ar variou de 13,6 a 45,9°C, com média 26,9°C (Figura 2A). A radiação solar variou de 0 a 919,76 W m<sup>-2</sup>, sendo que a média do período estuda foi de 318,6 W m<sup>-2</sup> (Figura 2B). Enquanto a umidade relativa do ar variou de 18,7 a 84,9%, com média de 74,42% (Figura 2C), e o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) variou de 275 a 400 ppm, com média de 323 ppm (Figura 2D).

Figura 2 – Variação da temperatura do ar (°C) (A), radiação solar (W m<sup>-2</sup>) (B), umidade relativa do ar (%) (C) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>, ppm) (D), durante período experimental em casa de vegetação.



Fonte: Acervo da pesquisa.

Na Tabela 6 pode ser observado o efeito da aplicação das fontes de adubação química e orgânica nas propriedades químicas do solo após o cultivo da *Megathyrus maximus* cv. Miyagui. Considerando que o solo utilizado neste experimento encontrava-se deficiente de nutrientes, nota-se que todas as fontes de adubação contribuíram para a melhoria das

propriedades químicas do solo, sendo que houve tendência de maior efeito para adubação orgânica em relação à adubação mineral (Tabela 6).

Tabela 6 – Caracterização química do solo após o cultivo de *Megathyrus maximus* cv. Miyagui adubado com cama de *Compost Barn* (adubação orgânica) e adubação mineral.

Propriedades do solo	Solo sem adubação	Adubação orgânica	Adubação mineral
pH (g kg <sup>-1</sup> )	5,30	7,00	5,70
N (mg dm <sup>-3</sup> )	0,35	1,74	1,52
P (mg dm <sup>-3</sup> )	0,00	6,37	0,54
K (mg dm <sup>-3</sup> )	14,34	98,91	15,78
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,55	1,39	0,85
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,14	0,71	0,33
S (mg dm <sup>-3</sup> )	10,30	27,20	25,80
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	0,10	3,50	0,40
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	4,00	6,90	3,90
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	0,43	2,01	0,68
B (mg dm <sup>-3</sup> )	0,05	0,10	25,80
M.O (da kg <sup>-1</sup> )	0,40	1,61	0,37

pH: Potencial Hidrogeniônico; N: Nitrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; S: Enxofre; Zn: Zinco; Mn: Manganês; Cu: Cobre; B: Boro; M.O: Matéria Orgânica.

Fonte: Acervo da pesquisa.

Estudos como o de Bilong *et al.* (2022), avaliando o efeito de adubos orgânicos (adubo verde e cama de aves) e inorgânico sobre as propriedades químicas do solo, constataram que as fontes orgânicas aumentaram o pH do solo, MO, N total, P disponível, CTC e cátions trocáveis (K, Ca e Mg) em comparação à inorgânica.

No estudo realizado por Adekyia *et al.* (2020), também foi observado aumento de MO, N, P, K, Ca e Mg do solo com a aplicação de diferentes fontes orgânicas (adubo verde, esterco de vaca, coelho e suíno, aves). Os autores observaram que não houve diferença significativa entre ambas as adubações para os valores de pH, contudo, verificaram que a fonte inorgânica apresentou diferença significativa para o controle, com menores valores, enquanto que, para o material orgânico, não foi observada diferença.

Em vista disso, pode-se inferir que fontes de adubação orgânicas são importantes condicionadores nas propriedades químicas do solo (LI *et al.*, 2021), logo, sua aplicação torna-se uma abordagem economicamente viável e ambientalmente correta para desenvolver boas práticas agrícolas, atendendo aos princípios da sustentabilidade.

A Tabela 7, apresenta o resumo das análises de variância para as variáveis altura da parte aérea (H), número de perfilhos (NP), e número de folhas (NF). Observa-se que o déficit hídrico e as fontes de adubação afetaram diferencialmente as variáveis analisadas. Não houve efeito da interação entre os fatores para as variáveis analisadas, ou seja, os fatores atuam de forma independente. As variáveis altura e número de perfilhos foram influenciadas pelo fator adubação, enquanto o número de folhas foi influenciada por ambos os fatores.

Tabela 7 – Resumo das análises de variância para as variáveis altura da parte aérea (H), número de perfilho (NP) e número de folhas (NF).

Fv	GL	Valores do teste F		
		H	NP	NF
A	1	16,929*	9,383*	9,665*
R	2	2,108	2,243 <sup>ns</sup>	3,863*
A x R	2	2,064 <sup>ns</sup>	1,673 <sup>ns</sup>	0,612 <sup>ns</sup>
Bloco	5	3,417 <sup>ns</sup>	1,967 <sup>ns</sup>	1,932 <sup>ns</sup>
Erro	25			
Total	35			
CV (%)		12,73	23,75	28,01

Em que, FV: Fonte de Variação, GL: Graus de Liberdade, CV: Coeficiente de Variação, A: adubação e R: Restrição hídrica. Não significativo (<sup>NS</sup>) e significativo a 5% (\*) pelo teste F.

Fonte: Acervo da pesquisa.

Em relação ao efeito das fontes de adubação sobre a altura da parte aérea das plantas, número de perfilho e número de folhas, verifica-se que, a adubação mineral promoveu maiores médias para essas variáveis, diferindo significativamente da adubação orgânica (Tabela 8).



Tabela 8 – Valores médios do efeito das fontes de adubação sobre a altura da parte aérea (H), número de perfilho (NP), número de folhas (NF) de *Megathyrus maximus* cv. Miyagui.

Adubação	H	NP	NF
AM	27,73 a	8,06 a	16,87 a
AO	23,28 b	6,32 b	12,59 b

AM: adubação mineral; AO: adubação orgânica. As médias seguidas por mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Acervo da pesquisa.

A diferença entre a altura das plantas para as duas fontes de adubação trabalhadas, também foram encontradas por Araujo *et al.* (2009), estudando o efeito de doses de dois tipos de composto orgânico (bovino e suíno) e de mineral, sobre o desenvolvimento de plantas de *Brachiaria decumbens* (Syn. Uroclhoa decumbens), certificando-se que a adubação mineral promoveu maior crescimento das plantas, quando comparado à adubação orgânica.

De acordo com os autores, esse fato pode estar associado com a presença do nitrogênio prontamente disponível à forrageira, pois, este nutriente via fonte inorgânica apresenta rápida liberação para o sistema solo (EMERENCIANO NETO *et al.*, 2016), com isso, também proporciona à planta aumento de emissão de folhas e densidade de perfilhos (MARTUSCELLO *et al.*, 2019). Então, as maiores médias obtidas para as variáveis NF e NP via adubação mineral no presente estudo, também podem estar ligadas diretamente a esse fator. Apesar das médias diferirem significativamente entre os tratamentos, não foi observada grande discrepância entre as mesmas. Com isso, é importante frisar que a adubação de origem animal apresenta lenta liberação de nutrientes, devido ao processo de mineralização da matéria orgânica, todavia, apresenta maior duração pela gradual liberação ao longo do ciclo da planta (CARDOSO *et al.*, 2011).

Isso pode ser comprovado com experimentos de longos períodos já realizados, como o de Diacono e Montemurro (2010), os quais confirmaram que o uso de adubos orgânicos não diminuíram o rendimento das culturas. Dessa forma, vale salientar que o uso de adubos orgânicos pode proporcionar a eficiência e a sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas por um longo período de tempo (ZHAO *et al.*, 2016).

Com relação ao efeito dos períodos de déficit hídrico sobre o número de folhas (NF) constatou-se que, houve diferença significativa para os valores médios apenas entre o tratamento com irrigação diária e 10 dias de restrição hídrica (Tabela 9).

Tabela 9 – Valores médios do efeito dos níveis de restrição hídrica sobre o número de folhas (NF) de plantas de *Megathyrus maximus* cv. Miyagui.

Restrição hídrica	NF (vaso <sup>-1</sup> )
0 dias	17,27 a
5 dias	14,28 ab
10 dias	12,65b

As médias seguidas por mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Acervo da pesquisa.

O estresse hídrico causa mudanças na estrutura e na composição morfológica das plantas. Uma dessas causas é a redução do número de folhas, como foi verificado durante os períodos de déficit hídrico imposto neste estudo. Coutinho *et al.* (2015), ao avaliarem o número de folhas em capim-buffel, constataram diminuição dessa variável para os diferentes turnos de regas (2, 4, 6, 8 e 10 dias de intervalos). Tendência semelhante foi encontrada por Magalhães *et al.* (2013) avaliando o capim-andropógon sob lâminas de água de 80% e 50%. Os autores constataram a menor redução para a lâmina de 50%. Logo, pode-se confirmar que essa variável é influenciada negativamente pelo déficit hídrico. Isso porque as plantas desenvolvem algumas estratégias que limitam a superfície transpirante e retardam o agravamento da deficiência hídrica. Uma dessas estratégias é a redução da emissão de novas folhas (DUARTE, 2012).

A análise de variância referente às variáveis massa fresca de parte aérea (MFA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSA) e massa seca de raiz (MSR), expressou efeito significativo da interação ( $p < 0,05$ ) para as variáveis MFR e MSR. Não sendo observado efeito significativo para MFA e MSA. As respostas significativas para estas variáveis ocorreram somente de forma isolada para ambos os fatores avaliados (Tabela 10).

Tabela 10 - Resumo das análises de variância para as variáveis massa fresca da parte aérea (MFA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSA) e massa seca de raiz (MSR).

FV	GL	Valores do teste F			
		MFA	MFR	MSA	MSR
A	1	17,107*	0,001 <sup>ns</sup>	47,362*	1,743 <sup>ns</sup>
R	2	6,000*	0,313 <sup>ns</sup>	5,804*	1,899 <sup>ns</sup>
A x R	2	0,852 <sup>ns</sup>	5,429*	0,355 <sup>ns</sup>	4,155*
Bloco	5	0,458 <sup>ns</sup>	1,238 <sup>ns</sup>	1,264 <sup>ns</sup>	1,538 <sup>ns</sup>
Erro	25				
Total	35				
CV (%)		37,69	30,71	27,52	28,63

Em que, FV: Fonte de Variação, GL: Graus de Liberdade, CV: Coeficiente de Variação, A: adubação e R: Restrição hídrica. Não significativo (<sup>ns</sup>) e significativo a 5% (\*) pelo teste F.

Fonte: Acervo da pesquisa.

Na avaliação do efeito das fontes de adubação sobre as variáveis massa fresca da parte aérea (MFA) e massa seca da parte aérea (MSA), verificou-se que ocorreu efeito significativo entre os tratamentos, com os valores médios para adubação mineral sendo superior ao orgânico (Tabela 11).

Tabela 11 - Valores médios do efeito das fontes de adubação sobre a massa fresca da parte aérea (MFA) e massa seca da parte aérea (MSA), de *Megathyrus maximus* cv. Miyagui.

Adubação	MFA (g)	MSA (g)
AM	8,99 a	2,96 a
AO	5,28 b	1,54 b

AM : adubação mineral; AO: adubação orgânica. As médias seguidas por mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F

Fonte: Acervo da pesquisa.

Constatou-se que a adubação de fonte mineral promoveu maior produção de MFA e MSA com relação à fonte orgânica. Fato este, que também pode estar relacionado com a imediata disponibilidade do nitrogênio, pois resultados como estes foram evidenciados na pesquisa de Reis *et al.* (2021), trabalhando com capim piatã, em que, observaram maior produção de massa fresca e seca para adubação de fonte mineral. A literatura correlaciona essa questão ao fato da forte relação do N entre as fontes de adubação aplicada e a produção de massa das forragens tropicais (AL-SOLAIMANI *et al.*, 2017; MC-ROBERTS *et al.*, 2017).

A adubação orgânica apresenta resposta mais lenta, como foi verificado no estudo de Castro *et al.* (2016), avaliando a produção de massa seca da forrageira *Panicum maximum*. Trabalhando com diferentes períodos de cortes, os autores obtiveram resposta linear crescente na

avaliação de massa seca assemelhando-se ao sintético. Eles atribuíram essa resposta ao predomínio da mineralização até o final do experimento, que foi de 120 dias, havendo um maior espaço de tempo para liberação dos nutrientes. Então, os menores valores médios obtidos nesse estudo para o tratamento com material orgânico podem ser explicados pelo menor período de avaliação, diminuindo o tempo de mineralização do material orgânico.

Com relação ao efeito dos níveis de restrição para as variáveis massa fresca da parte aérea e massa seca da parte aérea, notou-se diferença significativa para MFA somente para o valor médio da irrigação diária, não houve diferença entre os períodos de 5 e 10 dias. Para a MSA, houve diferença significativa apenas para a irrigação diária e o período de 10 dias de restrição (Tabela 12).

Tabela 12 – Valores médios do efeito isolado dos níveis de restrição hídrica sobre massa fresca da parte aérea (MFA) e massa seca da parte aérea (MSA) de plantas de *Megathyrus maximus* cv. Miyagui.

Restrição hídrica	MFA (g)	MSA (g)
0 dias	9,29 a	2,69 a
5 dias	6,44 b	2,23 ab
10 dias	5,68 b	1,83 b

As médias seguidas por mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Acervo da pesquisa.

Com isso, observa-se que ocorreu redução da MFA com o aumento dos níveis de déficit hídrico. A MSA seguiu a mesma tendência. Resultados semelhantes foram encontrados com *panicum* massái por Coutinho *et al.* (2020) e por Silva *et al.* (2013) com tanzânia e mombaça, respectivamente. Os autores observaram que períodos prolongados de seca diminuíram a produção de MFA e MSA das gramíneas.

O estresse hídrico afeta negativamente tanto o crescimento como a produtividade das plantas (MNIF FAKHFAKH; CHAIEB 2023), ocasionando uma série de reduções sobre as características morfológicas das mesmas, como uma menor área foliar, em razão da perda de turgor e um menor surgimento de folhas (FAROOQ *et al.*, 2010). Então, a redução dessas características contribui para a menor produção de massa fresca, que, em consequência, também afeta a produção de massa seca. Logo, evidencia-se que os resultados do presente estudo estejam relacionados com esses fatores.

Com relação à MFR, não foi observada diferença significativa entre as adubações para o tratamento com irrigação diária. Para o tratamento com 5 e 10 dias de restrição hídrica, verificou-se que, a adubação orgânica apresentou maior valor médio para essa variável. Para MSR,

observou-se que o tratamento com adubação mineral apresentou maior matéria seca de raiz para a irrigação diária, diferindo significativamente em relação ao orgânico. Enquanto para as condições de 5 e 10 dias de restrição hídrica, não houve diferença significativa entre as duas fontes de adubação (Tabela 13).

Para os níveis de restrição hídrica empregando-se adubação orgânica, não foi constatada diferença significativa para ambas as variáveis. Já para o tratamento com adubação mineral, houve diferença apenas do período de 10 dias, comparada com a irrigação diária, em que apresentou maior média.

Tabela 13 – Valores médios da massa fresca da raiz (MFR) e massa seca de raiz (MSR) de *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui associado a fontes de adubação e submetida a diferentes períodos de restrição hídrica.

Adubação	Restrição hídrica (dias)					
	0		5		10	
	MFR			MSR		
AM	19,00 Aa	15,13 Aab	11,35 Bb	3,58 Aa	3,34 Aab	2,19 Ab
AO	14,24 Aa	17,83 Aa	19,00 Aa	2,28 Ba	2,94 Aa	2,81 Aa

AM : adubação mineral; AO: adubação orgânica. As médias seguidas por mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Acervo da pesquisa.

Constatou-se que, no período de 10 dias de restrição hídrica, a massa fresca da raiz e a massa seca da raiz não sofreram efeito negativo com a adubação orgânica, diferentemente da adubação mineral, que apresentou decréscimo na produção. Isto pode estar relacionado à capacidade que o composto orgânico possui em reter água no solo, que, conseqüentemente, ajuda a manter o solo úmido em períodos mais longos de deficit hídrico, disponibilizando água e nutrientes para a absorção do sistema radicular. De acordo com Cecato *et al.* (2001), o sistema radicular das plantas forrageiras é comprometido diretamente pelas condições químicas, absorção de nutrientes e umidade do solo.

Foi avaliado o índice de clorofila (IC) antes e após o período de restrição hídrica, visando observar como as fontes de adubação influenciariam essa variável na ausência da restrição hídrica. Logo, de acordo com a análise de variância, observou-se que houve efeito significativo entre as fontes de adubação antes de aplicar o período de restrição. Quando aplicado período hídrico, verificou-se que ocorreu efeito significativo da interação adubação x restrição hídrica (Tabela 14).

Tabela 14 – Resumo da análise de variância para a variável índice de clorofila (IC) antes e após o período de restrição hídrica em *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui.

FV	GL	Valores do teste F	
		IC <sub>antes</sub>	IC <sub>após</sub>
A	1	6,403*	1,171 <sup>ns</sup>
R	2	0,373 <sup>ns</sup>	0,471 <sup>ns</sup>
AxR	2	0,665 <sup>ns</sup>	9,327*
Bloco	5	0,544 <sup>ns</sup>	1,190 <sup>ns</sup>
Erro	25		
Total	35		
CV (%)		12,43	15,36

Em que, FV: Fonte de Variação, GL: Graus de Liberdade, CV: Coeficiente de Variação, A: adubação e R: Restrição hídrica. Não significativo (<sup>ns</sup>) e significativo a 5% (\*) pelo teste F.

Fonte: Acervo da pesquisa.

Observando o efeito das fontes de adubação antes do período de restrição, constatou-se que a fonte de adubação mineral apresentou maior valor médio para a variável, quando comparada à orgânica (Tabela 15).

Tabela 15 – Valores médios do efeito das fontes de adubação sobre o índice de clorofila (IC) em folhas de *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui antes do período de restrição hídrica.

Adubação	Índice de clorofila (IC)
AO	24,24 b
AM	26,92 a

AM : adubação mineral; AO: adubação orgânica. As médias seguidas por mesma letra, diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Acervo da pesquisa.

Zhang *et al.* (2023) e Fornari *et al.* (2020) encontraram resultados em tendência similar, trabalhando com fontes de adubação orgânica em substituição ao nitrogênio mineral. Todavia, esses resultados podem ser justificados pelo fato da lenta liberação do nitrogênio contido nos compostos orgânicos, pois o nitrogênio na forma mineral possui uma liberação mais rápida, podendo reabastecer diretamente o solo (ZHANG *et al.*, 2023).

Isso pode ser comprovado na avaliação dessa variável após o período de estresse hídrico (Tabela 16), em que observou-se aumento dos valores médios do IC para o tratamento com adubação orgânica no período em que as plantas foram irrigadas diariamente. Foi possível observar que houve uma diminuição dessa variável somente dentro do nível de restrição hídrica referente ao 5º dia, diferindo do tratamento com adubação mineral, que apresentou maior valor médio. No entanto, verifica-se, dentro do período de 10 dias de deficit hídrico, efeito inverso, em que, a adubação orgânica aumentou e a mineral diminuiu, ressaltando a ocorrência da gradual liberação do nitrogênio. Para os níveis de restrição hídrica dentro dos tipos de

adubações, houve diferença significativa apenas para a irrigação diária e o 5º dia de restrição hídrica, enquanto que para a adubação mineral a diferença ocorreu apenas para a irrigação diária.

Tabela 16 – Valores médios do Índice de clorofila (IC) em folhas de *Megathyrus maximus* cv. Miyagi associado a fontes de adubação orgânica e mineral e submetido a diferentes períodos de restrição.

Adubação	0 dias	Período de restrição hídrica	
		5 dias	10 dias
AO	23,13 Aa	18,17 Bb	20,71 Aab
AM	18,05 Bb	24,43 Aa	23,06 Aa

AM : adubação mineral; AO: adubação orgânica. As médias seguidas por mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Acervo da pesquisa.

Nesse sentido, vale ressaltar que o conteúdo de água no solo afeta significativamente tanto a liberação de nutrientes dos fertilizantes aplicados quanto as reações de mineralização (WHASH *et al.*, 2020). Além do mais, as plantas quando submetidas a períodos de deficit hídrico, possuem o mecanismo de fechamento dos estômatos para evitar a perda de água por transpiração. Com isso, acaba reduzindo a entrada de dióxido de carbono necessário para gerar fotossíntese, que concomitantemente, acaba degradando a molécula de clorofila, já que sua produção está intimamente ligada à eficiência de fotossíntese (XU *et al.*, 2020).

Nessa conjuntura, ratifica-se que, a oscilação dessa molécula no período da restrição hídrica para os tratamentos esteja associado com esses fatores, especificamente a adubação mineral, a qual apresentou diminuição do IC no maior nível de estresse hídrico, pois, como é conhecido, a adubação orgânica possui capacidade de assegurar a umidade do solo, o que possivelmente continuou favorecendo a produção da molécula de clorofila durante o maior período de deficit hídrico.

Na avaliação de trocas gasosas, não foi encontrado efeito significativo da interação adubação x restrição hídrica para a taxa de transpiração ( $E$  -  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), taxa fotossintética ( $A$  -  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e condutância estomática ( $G_s$  -  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), constatando-se que os fatores afetaram de forma independente esses parâmetros. Contudo, foi verificado efeito significativo apenas para os níveis de restrição hídrica. As variáveis seguiram as mesmas tendência, sendo encontrada diferença dos valores médios apenas para a irrigação diária, enquanto que para os períodos de 5 e 10 dias não houve diferença média entre os valores (Tabela 17).

Tabela 17 – Valores médios do efeito isolado dos níveis de restrição hídrica sobre a taxa de transpiração ( $E - \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e taxa fotossintética ( $A - \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e condutância estomática ( $G_s \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) em folhas de plantas de *Megathyrus maximus* cv. Miyagui.

Restrição hídrica (dias)	$E - (\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})$	$A - (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})$	$G_s - (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})$
0	2,39 a	15,83 a	0,122 a
5	1,28 b	2,85 b	0,048 b
10	0,75 b	0,80 b	0,030 b

As médias seguidas por mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Acervo da pesquisa.

Com isso, percebeu-se que os valores de  $E$ ,  $A$  e  $G_s$ , para cada nível de restrição hídrica, tiveram boa sincronização, evidenciando que os valores diminuíram de acordo com o aumento dos níveis de déficit hídrico. As descobertas encontradas para esses atributos de trocas gasosas na presente pesquisa, estão condizentes com o encontrado por Farroq *et al.* (2018), Yang *et al.* (2019), Khan *et al.* (2021) e Wasaya *et al.* (2021), os quais relataram que o estresse hídrico diminuiu significativamente a  $A$ ,  $E$  e  $G_s$ .

Essa sucessão acontece por que os estômatos são os principais portais para a troca de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e vapor de água entre as folhas das plantas e a atmosfera, controlando de forma direta a transpiração e a fotossíntese (CHEN *et al.*, 2016). Afim de diminuir as perdas de água por estresse hídrico, os estômatos se fecham como resultado de alterações na turgidez das células-guarda com relação às epidérmicas, ocasionando a redução da taxa de transpiração e limitando a difusão de  $\text{CO}_2$  nos espaços intercelulares, que conseqüentemente inibe a taxa fotossintética (LI *et al.*, 2021).

Em relação à eficiência instantânea do uso da água (EUA), houve efeito significativo entre a interação adubação x restrição hídrica. Foi observada diferença significativa para as fontes de adubação apenas dentro do nível de restrição com 5 dias, verificando-se que a adubação orgânica apresentou maior valor médio para EUA. Para os demais dias, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Para os níveis de restrição dentro das fontes de adubação, foram encontradas diferenças significativas entre os níveis para adubação orgânica, enquanto para o mineral, houve diferença somente na irrigação diária (Tabela 18).



Tabela 18 – Uso de eficiência de água (EUA) em *Megathyrus maximus* cv. Miyagui associado a fontes de adubação orgânica e mineral e submetido a diferentes períodos de restrição.

Adubação	Período de restrição hídrica		
	0 dias	5 dias	10 dias
AO	6,62Aa	3,86Ab	1,29Ac
AM	6,47Aa	0,30Bb	2,11Ab

AM : adubação mineral; AO: adubação orgânica. As médias seguidas por mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

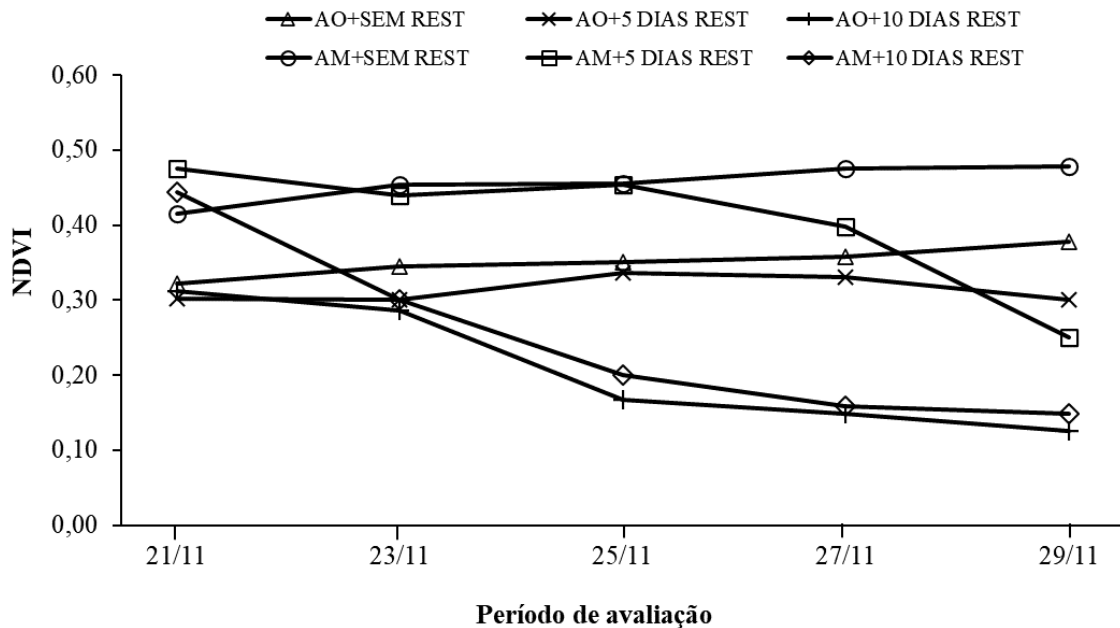
Fonte: Acervo da pesquisa.

Dessa forma, verifica-se que, as fontes de adubação seguiram comportamentos semelhantes dentro dos níveis de restrição, sendo observado diferença entre os valores médios somente para o período de 5 dias. A *EUA* é um parâmetro importante nas plantas, sendo empregada para apontar a quantidade de água utilizada pelas plantas para o cultivo (TRIBULATO *et al.*, 2019). Os valores obtidos no *EUA* estão relacionados com a quantidade de carbono que a planta fixa por cada unidade de água que é perdida (FERRAZ *et al.*, 2012).

Geralmente, quando ocorre redução da transpiração maior a eficiência do uso da água (MATHOBO *et al.*, 2017). Contudo, na presente pesquisa, mesmo ocorrendo uma depleção da transpiração, não foi observado aumento da *EUA*. Resultado como esse também foi verificado por Ferreira *et al.* (2017). Esse acontecido, segundo Oliveira *et al.* (2017), pode ser em decorrência de algum distúrbio nutricional da planta. Além disso, os autores Ferroq *et al.* (2009) atestam que a *EUA* é reduzida significativamente em eventos em que o crescimento da planta é mais prejudicado, o que foi detectado no estudo de Mastalerczuk *et al.* (2021), no qual observaram que o déficit de hídrico no período de intenso crescimento da plantas, foi o que mais reduziu os valores de *EUA*.

A Figura 3 apresenta o perfil para o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada-NDVI, avaliado durante o período de estresse hídrico. Verificou-se maiores valores de NDVI na adubação mineral com irrigação diária (0,48), contudo, pode-se observar que para o 5º dia de restrição hídrica os valores de NDVI começaram a variar, sendo que, o tratamento com adubação orgânica apresentou variação média de 0,31 a 0,30, enquanto a adubação mineral apresentou de 0,48 a 0,25. Para o 10º dia de restrição hídrica, os valores para adubação mineral e orgânica variaram de 0,44 a 0,15 e 0,31 a 0,15, respectivamente.

Figura 3 – Perfil do NDVI em *Megathyrsus maximus* cv. Miyagui submetida a períodos de restrição hídrica.



Fonte: Acervo da pesquisa.

O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), tem sido amplamente utilizado na agricultura para avaliar o acúmulo de biomassa, taxa de crescimento, cobertura do solo, vigor, sanidade e estresses bióticos e abióticos nas culturas (PIRES *et al.*, 2014). Os valores de NDVI variam de -1 a 1, os valores positivos próximo a zero é quando se detecta rochas, solos descobertos e vegetação, quando os valores são maiores, já próximo a 1, estão associados a maiores densidades e vegetação saudável, quando se apresentam negativo indica a presença de nuvens, corpos d'água ou neve (CORDEIRO *et al.*, 2017).

De acordo com os resultados obtidos observou-se, que o tratamento com adubação mineral apresentou maior valor de NDVI para as plantas irrigadas diariamente, se comparada à adubação orgânica. Isso pode ser justificado pela reflectância do solo nos vasos, sendo que, o tratamento com adubação mineral apresentou maior produção de biomassa, a qual está associada à rápida liberação dos nutrientes.

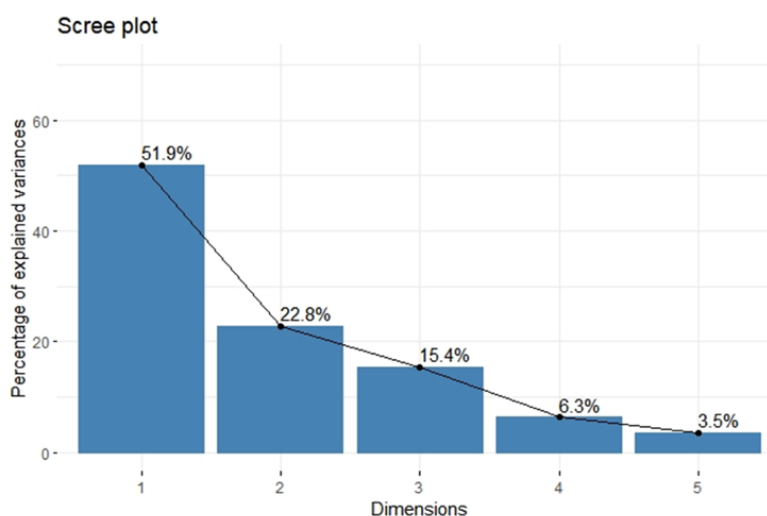
Todavia, notou-se, para os períodos de 5 e 10 dias, que o tratamento com adubação orgânica garantiu menor variação de NDVI, se comparadas às variações apresentadas no tratamento com adubação mineral, o que pode estar relacionado com a capacidade do material orgânico em promover maior retenção de água, em razão da matéria orgânica atuar como um dos principais agentes de formação e estabilização de agregados no solo (MATTOS *et al.*, 2008), constituindo uma estrutura porosa, o que permite que haja maior infiltração da água.

Cabe salientar que o material empregado na constituição da cama de *Compost Barn* é a serragem de madeira e maravalha, os quais são materiais que possuem em sua composição compostos lignocelulósicos que podem atuar como agentes condicionantes no solo (FREITAS; LENZ, 2019), auxiliando na retenção de água do solo.

No geral, o NDVI é um índice importante para detectar a variabilidade espacial de indicadores da cultura, identificando tendências de variação nos dados e auxiliando nas interpretações para determinar estratégias de manejo adequadas (BENARDI *et al.*, 2010).

A análise de componentes principais (ACP), foi realizada com base na matriz de dados constituída de 13 variáveis. As duas primeiras componentes principais representaram 73,1% da variação, sendo que PC1 e PC2 explicaram 51,9% e 22,8% da variação total, respectivamente (Figura 4).

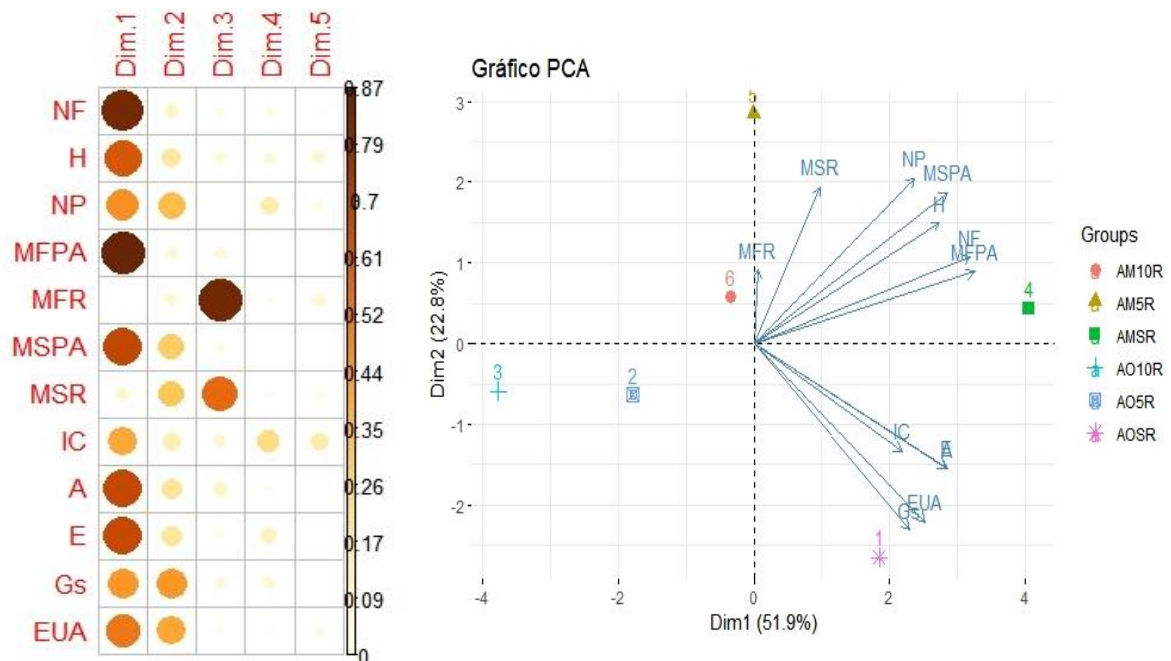
Figura 4 – Percentual de variância total explicada por cada um dos 5 primeiros Componentes Principais.



Fonte: Acervo da pesquisa.

Com base na análise, a maioria dos parâmetros avaliados estão posicionados no quadrante inferior e superior à direita. Essas variáveis, para ambos os quadrantes, correlacionam-se significativamente e positivamente entre si. Observa-se que as variáveis Gs, EUA, MSR, NP, MSPA apresentaram maior associação positiva para a PC2, com destaque para MSR. Enquanto as variáveis A, E, NF, IC e MFPA tiveram maior associação positiva para PC1, NF e MFPA foram os principais fatores que mais se associaram. Quanto a variável MFR, esta contribuiu positivamente para a PC2. Os grupos de tratamentos AMSR, AO5R e AO10R foram visivelmente separados em PC1, enquanto AOSR, AM5R, AM10R foram visivelmente separados em PC2 (Figura 5).

Figura 5 – Análise de componentes principais (PCA) apresentando a relação de todos os parâmetros analisados com as fontes de adubação associadas a restrição hídrica.



Em que: NF: número de folhas, H: altura, NP: número de perfilhos, MFPA: massa fresca da parte aérea, MFR: massa fresca da raiz, MSPA: massa seca da parte aérea, MSR: massa seca de raiz, IC: índice de clorofila, A: taxa de fotossíntese, E: taxa de transpiração, Gs: condutância estômática, EUA: uso instantâneo de eficiência de água.

Fonte: Acervo da pesquisa.

Em geral, os tratamentos que mais apresentaram influência sobre as atividades metabólicas, fisiológicas e nutricionais da planta forrageira, foram o tratamento AOSR e o tratamento AMSR. O tratamento AOSR influenciou as características fisiológicas, com ênfase para Gs e EUA, apresentando maiores vetores.

Respostas como esta desempenham grande importância para a produtividade, pois, a perda de água pelas plantas é amplamente determinada pela condutância estômática, logo, a diminuição desse parâmetro, pode ser responsável pela redução da produtividade das culturas (MASTALERCZUK *et al.*, 2021).

Nesse contexto, Santos *et al.* (2014) enfatizam que a influência positiva de fontes orgânicas aplicadas ao solo sobre os aspectos produtivos das culturas, tem relação com o efeito nutricional e conseqüentemente sobre os índices fisiológicos. Nesse sentido, o uso do adubo orgânico mostra ser promissor sobre as características fisiológicas e nutricionais da planta. Além do mais, vale ressaltar, que sua reutilização é mais viável econômica e ambientalmente, uma vez, que melhora as características do solo, com gastos reduzidos.

## CONCLUSÃO

A adubação orgânica com cama proveniente do sistema *Compost Barn* apresentou resultados promissores como adubação orgânica para plantas forrageiras. De forma geral, em comparação à adubação mineral, a adubação com cama proporcionou a um enriquecimento da qualidade química do solo, por meio do aumento da disponibilização de nutrientes. Com relação ao efeito sobre as plantas, promoveu maior produção de massa seca de raiz, que ocorreu no período mais longo de déficit hídrico. Além disso, possibilitou menores variações para os valores de Índice de Vegetação da Diferença Normalizada – NDVI durante os períodos de 5 e 10 dias de restrição hídrica. Contudo o crescimento da parte aérea da plantas foi maior sob adubação mineral.

Uma vez que adubos orgânicos apresentam lenta liberação de nutrientes, sugere-se seu uso em associação com adubação convencional, podendo-se reduzir as doses de fertilizantes convencionais e, por conseguinte, o custo da adubação. Pesquisas futuras podem ser conduzidas para avaliar, de forma combinada, a adubação orgânica proposta com a mineral, pois como a adubação orgânica apresenta liberação lenta dos nutrientes, possibilitará maior tempo de duração, garantindo maior equilíbrio de nutrientes no solo, podendo reduzir a perda de nutrientes por lixiviação e garantindo melhoria as propriedades físicas e química do solo.

## REFERÊNCIAS

- ADEKIYA, A. O.; EJUE, W. S.; OLAYANJU, A.; DUNSIN, O.; ABOYEJI, C. M., AREMU, C.; AKINPELU, O. Different organic manure sources and NPK fertilizer on soil chemical properties, growth, yield and quality of okra. **Scientific Reports**, London, v. 10, n. 1, p. 16083, 2020.
- ADHIKARI, K.; HARTEMINK, A.E. Linking soils to ecological services – a global review. **Geoderma**, Elsevier, v. 262, p.101-111, 2016.
- ALLAM, M.; RADICETTI, E.; QUINTARELLI, V.; PETROSELLI, V.; MARINARI, S.; MANCINELLI, R. Influence of organic and mineral fertilizers on soil organic carbon and crop productivity under different tillage systems: A Meta-Analysis. **Agriculture**, Suíça, v. 12, n. 4, p. 464, 2022.
- AL-SOLAIMANI, S. G.; ALGHABARI, F.; IHSAN, M. Z.; FAHAD, S. Water deficit irrigation and nitrogen response of Sudan grass under arid land drip irrigation conditions. **Irrigation and Drainage**, v. 66, n. 3, p. 365-376, 2017.
- ANSARI, W. A.; ATRI, N.; PANDEY, M.; SINGH, A. K.; SINGH, B.; PANDEY, S. Influence of Drought Stress on Morphological, Physiological and Biochemical Attributes of Plants: **A Review. Biosciences Biotechnology Research Asia**, Índia, v.16, n.4, p.697-709, 2019.
- ANPROSEM. Associação Nacional dos produtores de sementes de forragens: Cultivar Miyagui. 2023. Disponível em: < <https://anprosem.com.br/home/organizacao> >. Acesso em: 29 de jan. 2024
- ARAUJO, F. F.; TIRITAN, C. S.; DE OLIVEIRA, T. R. Compostos orgânicos semicurados na adubação de pastagem degradada de *Brachiaria decumbens*. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 40, n. 1, p. 1-6, 2009.
- AZEVEDO, R. P.; ALVES, N. M.; COSTA, I. A.; DOMINGUES, M. I. S.; BANDORIA, N. D. A. de; FIGUEIREDO, U. J. de; CARDOSO, P. G. Endophytic Fungi Assures Tropical Forage Grass Growth by Water Stress Tolerances. **Current Microbiology**, Suíça, v. 78, n. 12, p. 4060-4071, 2021.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas (1961- 1990)**. Brasília: 1992. 84 p.
- BERNARDI, A. C. C.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R.G.; RABELLO, L.M.; INAMASU, R.Y. Variabilidade espacial de parâmetros de solo e plantas em área cultivada com sorgo e braquiária em sistema de integração lavoura-pecuária. In: Embrapa Territorial-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: **Congresso brasileiro de agricultura de precisão**. Anais. Ribeirão Preto, SP: ABEA, 2010.
- BIAI, A.; COSTA, C. T. A.; LUZ, L. N. da; BRAGA, V.; MARQUES, A. C. D. S. P. Avaliação das características agronômicas e produtivas de acessos de amendoim sob adubação orgânica. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 14, n. Supl. 1, p. 1-12, 2021.

- BILONG, E. G.; ABOSSOLO-ANGUE, M.; NANGANOA, L. T.; ANABA, B. D.; AJEBESONE, F. N.; MADONG, B. À.; BILONG, P. Organic manures and inorganic fertilizers effects on soil properties and economic analysis under cassava cultivation in the southern Cameroon. **Scientific Reports**, London, v. 12, n. 1, p. 20598, 2022.
- CASTRO, C.; LOBO, U. G. M.; RODRIGUES, L. M.; BACKES, C.; SANTOS, A. J. M. Eficiência de utilização de adubação orgânica em forrageiras tropicais. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 3, n. 4, p. 48-54, 2016.
- CARDOSO, A. I. I.; FERREIRA, K. P.; VIEIRA JÚNIOR, R. M.; ALCARDE, C. Alterações em propriedades do solo adubado com composto orgânico e efeito na qualidade das sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasil, v.29, n.1, p. 594-599, 2011.
- CECATO, U.; CANO, C. C. P.; BORTOLO, M.; HERLING, V. R.; CANTO, M. W.; CASTRO, C. R. C. Teores de carboidratos não-estruturais, nitrogênio total e peso de raízes em Coastacross-1 (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) pastejado por ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 30, n. 3, p. 644-650, 2001.
- CHEN, Y.; LIU, L.; GUO, Q.; ZHU, Z.; ZHANG, L. Effects of different water management options and fertilizer supply on photosynthesis, fluorescence parameters and water use efficiency of *Prunella vulgaris* seedlings. **Biological research**, Chile, v. 49, n. 1, p. 1-9, 2016.
- CORDEIRO, A. P. A.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; MELO, R. W. D.; SHIMABUKURO, Y. E.; FIOR, C. S. Regiões homogêneas de vegetação utilizando a variabilidade do NDVI. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 883-896, 2017.
- COUTINHO, M. J. F.; CARNEIRO, M. D. S. D. S.; EDVAN, R. L.; SANTIAGO, S.; ALBUQUERQUE, D. R. Características morfogênicas, estruturais e produtivas de capim-buffel sob diferentes turnos de rega. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, v. 45, p. 216-224, 2015.
- COUTINHO, M. J. F.; CARNEIRO, M. S. S.; EDVAN, R. L.; BEZERRA, L. R.; FERREIRA, R. R.; ARAÚJO, M. J.; NETO, A. F. L. Crescimento e produção do capim massai sob déficit hídrico. **Brazilian Journal of Development**, Paraná, v. 6, n. 6, p. 35690-35700, 2020.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G. de; FERREIRA, E. Classificação e tendência climática em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 31, n. 6, p. 1862- 1866, nov./dez. 2007.
- DIACONO, M.; MONTEMURRO, F. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. **Sustainable agriculture**, v. 2, p. 761-786, 2011.
- DUARTE, A. L. M. Efeito da água sobre o crescimento e o valor nutritivo das plantas forrageiras. **Pesquisa & Tecnologia**, Campinas, v. 9, n. 2, p. 467-477, 2012.
- DIAS-FILHO, M. B.; LOPES, M. D. S. Fertilidade do solo em pastagem: como construir e monitorar. **Embrapa amazônia oriental**, Belém, 2021.
- EMERENCIANO NETO, J. V.; PEREIRA, G. F.; DIFANTE, G. S.; OLIVEIRA, L. G. LIMA, A. R.; SANTOS, W. R.; GURGEL, M. F. Produção e estrutura de pastos de capim-

massai adubado com dejetos da produção animal. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odesa, v.73, n.2, p. 111-117, 2016.

FAROOQ, M.; KOBAYASHI, N.; ITO, O.; WAHID, A.; SERRAJ, R. Broader leaves result in better performance of indica rice under drought stress. **Journal of plant physiology**, Elsevier, v. 167, n. 13, p. 1066-1075, 2010.

FAROOQ, M.; NADEEM, F.; ARFAT, M. Y.; NABEEL, M.; MUSADAQ, S.; CHEEMA, S. A.; NAWAZ, A. Exogenous application of allelopathic water extracts helps improving tolerance against terminal heat and drought stresses in bread wheat (*Triticum aestivum* L. Em. Thell.). **Journal of Agronomy and Crop Science**, Reino Unido, v. 204, n. 3, p. 298-312, 2018.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N. S. M. A.; FUJITA, D. B. S. M. A.; BASRA, S. M. A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Sustainable agriculture**, v. 2, p. 153-188, 2009.

FELTRAN-BARBIERI, R.; FÉRES, J. G. Degraded pastures in Brazil: improving livestock production and forest restoration. **Royal Society Open Science**, Londres, v. 8, n. 7, p. 201854, 2021.

FERRAZ, R. L.S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; JÚNIOR, E. D. S. N. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, v. 42, n. 2, p. 181-188, 2012.

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

FONSECA, D.M.; MARTUSELLO, J.A. **Plantas Forrageiras**, 2.ed.; Viçosa: UFV, 2022.

FREITAS, A.; LENZ, D.; M. Produção de painéis de madeira com resíduos de MDF e MDP da indústria moveleira e resina à base de tanino de Acácia Negra. *Engevista*, v. 21, n. 1, p. 141-153, 2019.

FORNARI, E. Z.; GAVIRAGHI, L.; BASSO, C. J.; PINHEIRO, M. V. M.; VIAN, A. L.; SANTI, A. L. Relationship between photosynthetic pigments and corn production under nitrogen sources. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, v. 50, p. e63661, 2020.

GALAMA, P. J.; VAN DOOREN, H. J. C.; EILERS, C. H. A. M. Learning from drivers and conflicts around bedded pack barns. **X Simpósio Europeu IFSA**, Aarhus, Dinamarca, 2012.

HAN, S.; WU, J.; ZHANG, XM; HU, P.; YU, YB; LI, M.; WU, H.; TANG, S. Effects of increasing application of organic fertilizer on subsoil fertility betterment in paddy field. **Journal of Agricultural Resources and Environment**, China, v. 35, n. 4, 334-341, 2018.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022. **Rebanho de bovinos (bois e vacas)**. Disponível: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/bovinos/br>. Acesso: 10 jan 2024.

KHAN, A. U.; ULLAH, F.; KHAN, N.; MEHMOOD, S.; FAHAD, S.; DATTA, R.; HUSSAIN, G. S. Production of organic fertilizers from rocket seed (*Eruca sativa* L.), chicken



peat and *Moringa oleifera* leaves for growing linseed under water deficit stress. **Sustainability**, v. 13, n. 1, p. 59, 2020.

KHAN, S.; BASIT, A.; HAFEEZ, M. B.; IRSHAD, S.; BASHIR, S.; BASHIR, S.; LI, Y. Moringa leaf extract improves biochemical attributes, yield and grain quality of rice (*Oryza sativa* L.) under drought stress. **Plos one**, Califórnia, v. 16, n. 7, p. e0254452, 2021.

LI, X.; SU, Y.; AHMED, T.; REN, H., JAVED, M. R., YAO, Y., LI, B. Effects of different organic fertilizers on improving soil from newly reclaimed land to crop soil. **Agriculture**, v. 11, n. 6, p. 560, 2021.

LI, Z.; SU, X.; CHEN, Y.; FAN, X.; HE, L.; GUO, J.; YANG, Q. Melatonin improves drought resistance in maize seedlings by enhancing the antioxidant system and regulating abscisic acid metabolism to maintain stomatal opening under PEG-induced drought. **Journal of Plant Biology**, Coreia do Sul, v. 64, n.4, p. 299-312, 2021.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: **adubos e adubação**. 3 ed. São Paulo: Ceres, p. 607, 1981.

MCROBERTS, K. C.; PARSONS, D., KETTERINGS, Q. M., HAI, T. T., QUAN, N. H., BA, N. X.; CHERNEY, D. J. R. Urea and composted cattle manure affect forage yield and nutritive value in sandy soils of south-central Vietnam. **Grass and Forage Science**, v. 73, n. 1, p. 132-145, 2017.

MATOS, E. D. S.; MENDONÇA, E. D. S.; LEITE, L. F. C.; GALVÃO, J. C. C. Estabilidade de agregados e distribuição de carbono e nutrientes em Argissolo sob adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, p. 1221-1230, 2008.

MAGALHÃES, J. A.; DE SOUZA CARNEIRO, M. S.; ANDRADE, A. C.; PEREIRA, E. S.; DE ANDRADE, A. P.; BAKKE, O. A.; DE LUCENA COSTA, N. Características morfológicas e estruturais do capim-andropogon sob irrigação e adubação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 2427-2436, 2013.

MARTUSCELLO, J. A.; RIOS, J. F.; FERREIRA, M. R.; ASSIS, J. A.; BRAZ, T. G. S.; CUNHA, D. N. F. V. Produção e morfogênese de capim BRS Tamani sob diferentes doses de nitrogênio e intensidades de desfolhação. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odesa, v. 76, p.1-10, 2019.

MARTINS, G. S. **Relação entre o grau de conservação da cobertura vegetal e os veranicos agrícolas na bacia do alto Jaguaribe – Ceará**. 2017. 112 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

MASTALERCZUK, G.; BORAWSKA-JARUŁOWICZ, B. Physiological and morphometric response of forage grass species and their biomass distribution depending on the term and frequency of water deficiency. **Agronomy**, v. 11, n. 12, p. 2471, 2021.

MELLO, S. Q. S.; FRANÇA, A. F. D. S.; LANNA, A. C.; BERGAMASCHINE, A. F.; KLIMANN, H. J., RIOS, L. C.; SOARES, T. V. Adubação nitrogenada em capim-mombaça: produção, eficiência de conversão e recuperação aparente do nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 4, p. 935-947, 2008.

- MATHOBO, R.; MARAIS, D.; STEYN, JM. The effect of drought stress on yield, leaf gaseous exchange and chlorophyll fluorescence of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agricultural Water Management**, Elsevier, v. 180, 118–125, 2017.
- MNIF FAKHFAKH, L.; CHAIEB, M. Effects of water stress on growth phenology photosynthesis and leaf water potential in *Stipagrostis ciliata* (Desf.) De Winter in North Africa. **Journal of Arid Land**, China, v. 15, n. 1, p. 77-90, 2023.
- MINGOTTE, F. L. C.; RODRIGUES DOS SANTOS, C. L.; PRADO, R. D. M.; FLORES, R. A.; TOGORO, A. H.; DOS SANTOS DA SILVA, J. A.; AQUINO, D. S. Manganês na nutrição e na produção de massa seca do capim-mombaça. **Bioscience Journal**, Uberlândia, p. 879-887, 2011.
- MOTA, V. C.; DAMASCENO, F. A.; LEITE, D. F. Fuzzy clustering and fuzzy validity measures for knowledge discovery and decision making in agricultural engineering. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdã, v. 150, p. 118-124. 2018.
- OLIVEIRA, F. A.; SÁ, F. V. S.; PEREIRA, F. H. F.; ARAÚJO, F. N.; PAIVA, E. P.; ALMEIDA, J. P. N. de. Comportamento fisiológico e crescimento de plantas de melancia sob diferentes concentrações de solução nutritiva. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.10, n.1, p.439-448, 2016.
- PIRES., J.L.F.; CORASSA, G.M.; STRIEDER, M.L.; DALMAGO, G.A.; CUNHA, G.R.; SANTI, A.; JUNIOR, J.P.S.; SANTI, A.L.; SANTOS, H.P.; PASINATO, A.; REMOR, C. Uso de sensor óptico ativo para caracterização do perfil de NDVI em dosséis de trigo submetidos a diferentes estratégias de manejo. **Agricultura de precisão**, p. 279, 2014.
- REIS, S. D. D. S.; JUNIOR, M. A. P. O.; TOMAZI, M.; CUNHA, S. S.; ORRICO, A. C. A.; ALVES, J. P.; GALEANO, E. S. J. Is organic fertilizer application a viable alternative to synthetic fertilizer for Piatã grass? **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 9, n. 3, p. 300-306, 2021.
- R Core Team (2023). *\_R: A Language and Environment for Statistical Computing\_*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.
- SANTOS, A. R. M. D.; GOMES, F. J.; XIMENES, E. S. O. C.; ARAGÃO, W. F. D. X.; SILVA, A. C. D. Efeito do ambiente luminoso em forrageiras de clima tropical em sistemas silvipastoris. **Nativa. Pesquisas Agrárias e Ambientais**, Mato Grosso, v. 8, n. 5, p. 633-642, 2020.
- SANTOS, A. P. G.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; Ó, L. M. G.; AZEVEDO, B.M.; SANTOS, A. M. Produtividade e qualidade de frutos do meloeiro em função de tipos e doses de biofertilizantes. **Horticultura Brasileira**, Bhaia, v. 32, n. 4, p. 409-416, 2014.
- SANTOS, J. N.; PEREIRA, E. D. Carta de susceptibilidade a infiltração da água no solo na sub-bacia do rio Maracanã-MA. **Cadernos de Pesquisa**, São Luís, v. 20, 2013.
- SILVA, P. M. P.; CHIARI, L.; JANK, L.; ARAÚJO, A. R.; EUCLIDES, V. P. B. Avaliação de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. submetidas ao déficit hídrico. In: **I Workshop sobre Tolerância a Estresses Abióticos em Plantas Forrageiras**. 2013, Campo Grande. Anais.

SBRISSIA, A. F.; SCHMITT, D.; DUCHINI, P. G.; SILVA, S. C. Unravelling the relationship between a seasonal environment and the dynamics of forage growth in grazed swards. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 206, n. 5, p. 630-639, 2020.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 174p, 1995.

TOMAZ, A.; PALMA, J. F.; RAMOS, T.; COSTA, M. N.; ROSA, E.; SANTOS, M.; BOTETA, L.; DÔRES, J.; PATANITA, M. Yield, technological quality and water footprints of wheat under Mediterranean climate conditions: A field experiment to evaluate the effects of irrigation and nitrogen fertilization strategies. **Agricultural Water Management**, Elsevier, v. 258, p. 107214, 2021.

TRIBULATO, A.; TOSCANO, S.; DI LORENZO, V.; ROMANO, D. Effects of water stress on gas exchange, water relations and leaf structure in two ornamental shrubs in the Mediterranean area. **Agronomy**, v. 9, n. 7, p. 381, 2019.

VICIEDO, D. O.; DE MELLO PRADO, R.; MARTÍNEZ, C. A.; HABERMANN, E.; DE CÁSSIA PICCOLO, M. Short-term warming and water stress affect *Panicum maximum* Jacq. stoichiometric homeostasis and biomass production. **Science of The Total Environment**, v. 681, p. 267-274, 2019.

WASAYA, A.; MANZOOR, S.; YASIR, T. A.; SARWAR, N.; MUBEEN, K.; ISMAIL, I. A.; EL SABAGH, A. Evaluation of fourteen bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes by observing gas exchange parameters, relative water and chlorophyll content, and yield attributes under drought stress. **Sustainability**, v. 13, n. 9, p. 4799, 2021.

WALSH, O. S.; TORRION, J. A.; LIANG, X.; SHAFIAN, S.; YANG, R.; BELMONT, K. M.; MCCLINTICK-CHESS, J. R. Grain yield, quality, and spectral characteristics of wheat grown under varied nitrogen and irrigation. **Agrosystems, Geosciences & Environment**, Guilford Road, Madison, v. 3, n. 1, p. e20104, 2020.

WEIL, R. E.; BRADY, N. C. **A natureza e propriedades dos solos**, 15<sup>a</sup> ed.; Ohio: Pearson, 2016.

XU, Q.; MA, X.; LV, T.; BAI, M.; WANG, Z.; NIU, J. Effects of water stress on fluorescence parameters and photosynthetic characteristics of drip irrigation in rice. **Water**, v. 12, n. 1, p. 289, 2020.

YANG, X.; WANG, B.; CHEN, L.; LI, P.; CAO, C. The different influences of drought stress at the flowering stage on rice physiological traits, grain yield, and quality. **Scientific reports**, London, v. 9, n. 1, p. 3742, 2019.

ZHAO, J.; NI, T.; LI, J.; LU, Q.; FANG, Z.; HUANG, Q.; SHEN, Q. Effects of organic–inorganic compound fertilizer with reduced chemical fertilizer application on crop yields, soil biological activity and bacterial community structure in a rice–wheat cropping system. **Applied soil ecology**, Amsterdã, v. 99, p. 1-12, 2016.

ZHANG, G.; LIU, Q.; ZHANG, Z.; CI, D.; ZHANG, J.; XU, Y.; HE, K. Effect of reducing nitrogen fertilization and adding organic fertilizer on net photosynthetic rate, root nodules and yield in peanut. **Plants**, v. 12, n. 16, p. 2902, 2023.

ZUFFO, A. M.; STEINER, F.; AGUILERA, J. G.; RATKE, R. F.; BARROZO, L. M.; MEZZOMO, R.; ANCCA, S. M. Selected indices to identify water-stress-tolerant tropical forage grasses. **Plants**, Suíça, v. 11, n. 18, p. 2444, 2022.

**ARTIGO 2: CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO NO CULTIVO DE PLANTA FORRAGEIRA E AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA INTERNA DO SOLO**

**ARTIGO REDIGIDO CONFORME O MANUAL DE NORMALIZAÇÃO E ESTRUTURA DE TRABALHOS ACADÊMICOS: TCCS, MONOGRAFIAS, DISSERTAÇÕES E TESES 4ª EDIÇÃO REVISTA, ATUALIZADA E AMPLIADA**

## CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO NO CULTIVO DE PLANTA FORRAGEIRA E AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA INTERNA DO SOLO

### RESUMO

A Pecuária é uma das maiores atividades contribuidoras para o crescimento econômico no Brasil, sendo as pastagens a base da alimentação dos ruminantes. Contudo, o sucesso no desenvolvimento e produtividade das pastagens está atrelado a diversos fatores, entre eles os ambientais, como a temperatura do ar, radiação solar, umidade relativa do ar e concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). A temperatura interna do solo é outro fator que tem grande influência em diversos processos nos vegetais. Nessa concepção, o monitoramento de tais fatores é fundamental no ambiente de cultivo, o qual pode servir como base para a execução de atividades agrícolas. Portanto, objetivou-se com a pesquisa caracterizar e correlacionar as variáveis ambientais no ambiente interno e externo no cultivo da planta forrageira *Megathyrus maximus* cv. Miyagui em sistema de cultivo protegido, além de verificar a variabilidade da temperatura interna do solo em diferentes horários. Os dados micrometeorológicos foram obtidos por meio de sensores de leitura automática e direta em quatro pontos do interior da casa de vegetação. Para o ambiente externo, os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram obtidos de estação automática próxima ao ambiente de cultivo protegido, enquanto a radiação solar e a concentração de CO<sub>2</sub> foram determinados por sensores de leitura direta. As médias das variáveis na casa de vegetação foram correlacionadas com as do ambiente externo por meio de regressão linear e comparadas pelo Teste F ( $p < 0,05$ ). A temperatura interna do solo foi determinada por meio de termômetro digital de vareta. Os dados foram avaliados por meio de estatística descritiva. No ambiente interno da casa de vegetação a temperatura média do ar foi maior do que a do ambiente externo, sendo que a umidade relativa do ar e a radiação solar foram superiores para o ambiente externo. O maior valor médio de CO<sub>2</sub> foi determinado no ambiente interno à casa de vegetação, durante o período estudado. Os maiores valores médios da temperatura do solo ocorreram às 12 horas. Neste horário também foi notada a maior variabilidade destes dados. Já os menores valores médios da temperatura do solo ocorreram às 9 horas. As variáveis caracterizadas no interior da casa de vegetação apresentaram forte correlação com o ambiente externo, com exceção do CO<sub>2</sub> que apresentou baixa correlação entre os ambientes e atendeu às necessidade da planta forrageira. Confere-se uma relação diretamente proporcional entre a variação da temperatura interna do solo com o saldo de radiação solar.

**Palavras-chave:** Forrageira. Ambiência vegetal. Variáveis ambientais.

## ABSTRACT

Livestock is one of the largest contributing activities to Brazil's economic growth, with pastures being the basis for feeding those ruminants. However, the success in the development and productivity of the pastures is linked to several factors, including environmental ones, such as temperature, solar radiation, relative humidity and CO<sub>2</sub> in the air. The internal temperature of the soil is another factor that has a great influence on several processes in plants. In this conception, monitoring such factors is fundamental in the cultivation environment, which can serve as a basis for carrying out agricultural activities. Therefore, the objective of the research was to characterize and correlate environmental variables in the internal and external environment in the cultivation of forage plants, in addition to verifying the variability of internal soil temperature at different times. Micrometeorological data were obtained using automatic and direct reading sensors at four spots inside the greenhouse. For the external environment, temperature and relative humidity data were obtained from an automatic station close to the cultivation environment, while solar radiation and CO<sub>2</sub> were determined by direct reading sensors. The means of the variables in the greenhouse were correlated with those in the external environment using linear regression and compared using the F Test ( $p < 0.05$ ). The variability of internal soil temperature was determined using a digital thermometer, the data was evaluated using descriptive statistics. In the internal environment of the greenhouse, the temperature was higher than the external environment, with relative humidity and solar radiation being higher than in the external environment. For CO<sub>2</sub>, the highest average was recorded indoors in the greenhouse. High values and variability of internal soil temperature were recorded at 12 am, while the lowest at 9 am. The monitored variables favored the development of the forage plant in the cultivation environment, showing a strong correlation with the external environment, except CO<sub>2</sub>. There is a directly proportional relationship between the behavior of the soil's internal temperature and the balance of solar radiation.

**Keywords:** Forage. Plant environment. Environmental variables.

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a atividade pecuária é uma das maiores contribuidoras para o crescimento econômico (SOUZA *et al.*, 2020). Segundo os autores, a atividade agropecuária representa aproximadamente um terço do Produto Interno Bruto - PIB do Brasil, com a pecuária bovina cobrindo 31% desse total (FERREIRA *et al.*, 2020). As pastagens são a base para a alimentação desses ruminantes, sendo encontrada vasta quantidade de plantas forrageiras, as quais são representadas por gramíneas e leguminosas (SANTOS *et al.*, 2011).

O sucesso no desenvolvimento e produtividade dessas espécies forrageiras, não está apenas relacionado com a fertilidade do solo e a disponibilidade de água, mas também, com as variáveis micrometeorológicas. Variáveis como: temperatura do ar, radiação solar, umidade relativa do ar e a concentração de dióxido de carbono, podem limitar ou beneficiar o crescimento das plantas forrageiras, pois, estas influenciam de forma direta ou indiretamente na absorção e no transporte de nutrientes, especificamente dos produtos fotoassimilados (ALVES *et al.*, 2021).

As diversas atividades metabólicas de uma planta são controladas pela temperatura do ar (CRUZ *et al.*, 2021). Uma vez que, essa variável modifica, altera diretamente o desenvolvimento da planta (TAIZ *et al.*, 2017). A amplitude térmica ambiental exerce forte controle nas características morfogênicas das forrageiras (ZANINI *et al.*, 2012), ocasiona efeitos na produção de biomassa do dossel, causando mudanças na dinâmica do acúmulo de forragem (ANDRADE *et al.*, 2016).

A radiação solar, também é um fator que se destaca como o principal elemento determinante do potencial de crescimento e desenvolvimento das plantas forrageiras (SANTOS *et al.*, 2020). A produção forrageira se baseia na conversão de energia solar em compostos orgânicos pela fotossíntese, em que, o carbono do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera é combinado com água e convertido em carboidratos por meio da energia solar (GUIMARÃES; BITENCOURT *et al.*, 2010). Dessa forma, a radiação solar pode ser um fator limitante na produtividade de plantas forrageiras.

Assim como essas variáveis, a umidade relativa do ar e a concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) interferem no desenvolvimento vegetal. A umidade relativa do ar é intrinsecamente associada à temperatura. Essa variável demonstra a capacidade do ar em receber e realizar trocas gasosas. Umidades muito baixas ocasionam maior perda de água pelas plantas (JARDIM *et al.*, 2021), o que pode provocar a desordem fisiológica das mesmas (NUNES *et al.*, 2020).



O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) exerce grande influência no crescimento vegetativo, sendo um elemento fundamental para a fotossíntese. Com isso, alterações em sua concentração pode causar efeito sobre o comportamento fisiológico das plantas (REZENDE *et al.*, 2015). Assim, níveis muito baixos de CO<sub>2</sub>, bem como, muitos elevados, são capazes de limitar o crescimento vegetal.

Diante desses elementos ambientais, a temperatura interna do solo também é um atributo muito importante no desenvolvimento vegetativo, pois, desempenha influência em uma série de processos relacionados às plantas (CAVALCANTI *et al.*, 2019). As reações químicas e a liberação de nutrientes para a planta necessitam de faixas adequadas de temperatura do solo, visto que a temperatura adequada induzirá a germinação das sementes, a atividade funcional das raízes, a velocidade e duração do crescimento das plantas (GASPARIM *et al.*, 2005).

Nesse sentido, o cultivo de espécies vegetais é bastante dependente das condições climáticas a que estão expostos (JORGE *et al.*, 2023). Assim, variações climáticas em muitas regiões do mundo, especificamente em áreas tropicais e subtropicais, afetam o desenvolvimento e a produtividade das culturas (GÓMEZ *et al.*, 2017).

Dessa forma, quando se trabalha em ambiente protegido, o conhecimento microclimático e sua interação com os elementos do sistema são fundamentais. Já que, a adoção dessa técnica de cultivo é crescente, devido o controle parcial ou total de variáveis ambientais, o qual proporciona a redução de doenças e eleva a produtividade das culturas (CASAIS *et al.*, 2018).

Nessa perspectiva, a caracterização das variáveis ambientais elencadas é essencial, podendo servir como base para a execução de atividades agrícolas (PAULA *et al.*, 2017), já que essas variáveis podem influenciar na qualidade, produtividade e sanidade de determinadas culturas, podendo elevar ou minimizar tais características (GUISELINI *et al.*, 2010). Soma-se a isso, a importância de avaliar a temperatura interna do solo, por ser um atributo determinante em diversos processos durante o desenvolvimento da planta.

Diante disso, a pesquisa teve como objetivo caracterizar e correlacionar as variáveis ambientais no ambiente interno e externo no cultivo da planta forrageira *Megathyrus maximus* cv. Miyagui, além de verificar a variabilidade da temperatura interna do solo em diferentes horários.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Federal de Lavras - UFLA, localizada na cidade de Lavras, sul do Estado de Minas Gerais, com uma altitude média de 910 metros, latitude de 21°14'06"S e longitude de 45°00'00"W. A classificação climática proposta por Köppen é do tipo Cwa, com inverno seco e predominância de chuva no verão, com precipitação total média anual de 1.530 mm e temperatura média anual de 19,4°C (BRASIL, 1992; DANTAS *et al.*, 2007).

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação, pertencente ao Departamento de Fitopatologia da UFLA. Com estrutura do tipo arco duplo, área total de 145,3 m<sup>2</sup>, largura de 8,7 m, comprimento de 16,7 m, pé-direito de 3,0 m e altura total de 4,5 m, orientada no sentido Leste-Oeste, coberta por filme de polietileno de baixa densidade, com 150 µm de espessura e aditivo anti-UV. Os fechamentos transversais e longitudinais possuem tela sombrite (50%). As unidades experimentais foram distribuídas sobre bancadas em armação metálica, com altura de 1 m do nível do solo, comprimento de 3 m e largura de 1 m.

### 2.2 Coleta e análise de dados

Durante o período experimental, que ocorreu de 29/09/2023 a 06/12/2023, foram coletados dados de temperatura do ar (T, °C), a umidade relativa do ar (UR, %), radiação solar global (R<sub>g</sub>, Wm<sup>-2</sup>) e concentração de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>, ppm), no interior da casa de vegetação e no ambiente externo.

Para o interior da casa de vegetação, a temperatura e a umidade relativa do ar foram obtidas por meio de sensores internos do tipo dataloggers Onset modelo Hobbo, apresentando faixa de medição de temperatura de -20°C a 70°C, precisão de ±0,35°C (0°C a 50°C), resolução de 0,03°C, sensor de umidade relativa com faixa de medição de 5% a 95% de umidade relativa, precisão de ±2,5% (10% a 90% de umidade relativa), resolução de 0,05%. Para isso, foram utilizados quatro equipamentos desse tipo, instalados em quatro pontos, sendo os pontos 1, 2 e 3 distribuídos sobre as bancadas com as unidades experimentais e o ponto 4 no centro geométrico da instalação. Esses equipamentos foram pré-configurados para a leitura automática a cada 10 minutos.

A R<sub>g</sub> foi determinada com auxílio de um medidor de energia solar digital portátil mod. RZ-SM206, com resolução 0.1Wm<sup>2</sup>, 0. 1btu/(ft<sup>2</sup>-h) e faixa de medição de 0.1-399.9 W/m<sup>2</sup>, 1-3999Wm<sup>-2</sup>, 0.1-399.9 btu/(ft<sup>2</sup>-h), 1-3999btu/(ft<sup>2</sup>-h). As concentrações de CO<sub>2</sub> foram

determinadas por meio de um monitor de CO<sub>2</sub> Telaire 7001, com resolução de  $\pm 1$  ppm e precisão de  $\pm 50$  ppm. As leituras eram exibidas pelo equipamento por cerca de 30 segundos. As determinações de Rg e CO<sub>2</sub> foram realizadas nos pontos pré-estabelecidos e ocorreram em 3 dias da semana, das 9 às 18 horas, com intervalos de 3 horas entre as medições (9, 12, 15 e 18 h). A partir dos dados adquiridos nos quatro pontos definidos, calculou-se as médias dessas variáveis para o ambiente no interior da casa de vegetação para os dias de avaliação experimental.

Para o ambiente externo, as médias diárias referentes ao período experimental foram calculadas mediante os valores de Tar e UR, obtidos a partir dos dados registrados pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. A Rg no exterior foi coletada próxima à casa de vegetação em um ponto fixo, durante todo o período experimental, escolhido de forma que não houvesse interferência de edificações ou vegetação aos redores, utilizando o medidor de energia solar digital portátil mod. SM206.

Foi verificada a temperatura interna do solo em todos os vasos, por meio de um termômetro tipo vareta ICEL Manaus TD-100 -40+250°C. Essas leituras foram realizadas de acordo com os critérios estabelecidos para as demais avaliações. Os vasos eram constituídos por solo+adubação mineral e solo+adubação orgânica.

A variabilidade da temperatura interna dos solos foi caracterizada com base na estatística descritiva com os valores de temperaturas médias, máximas e mínimas, coeficiente de variação, amplitude, desvio padrão, mediana e valores dos quartis.

Para avaliação da variação das medidas estatísticas de posição e de variabilidade, foi considerado o coeficiente de variação (CV) baixo ( $CV \leq 12\%$ ), médio ( $12 < CV \leq 60\%$ ) e alto ( $CV > 60\%$ ), conforme classificação de Warrick e Nielsen (1980).

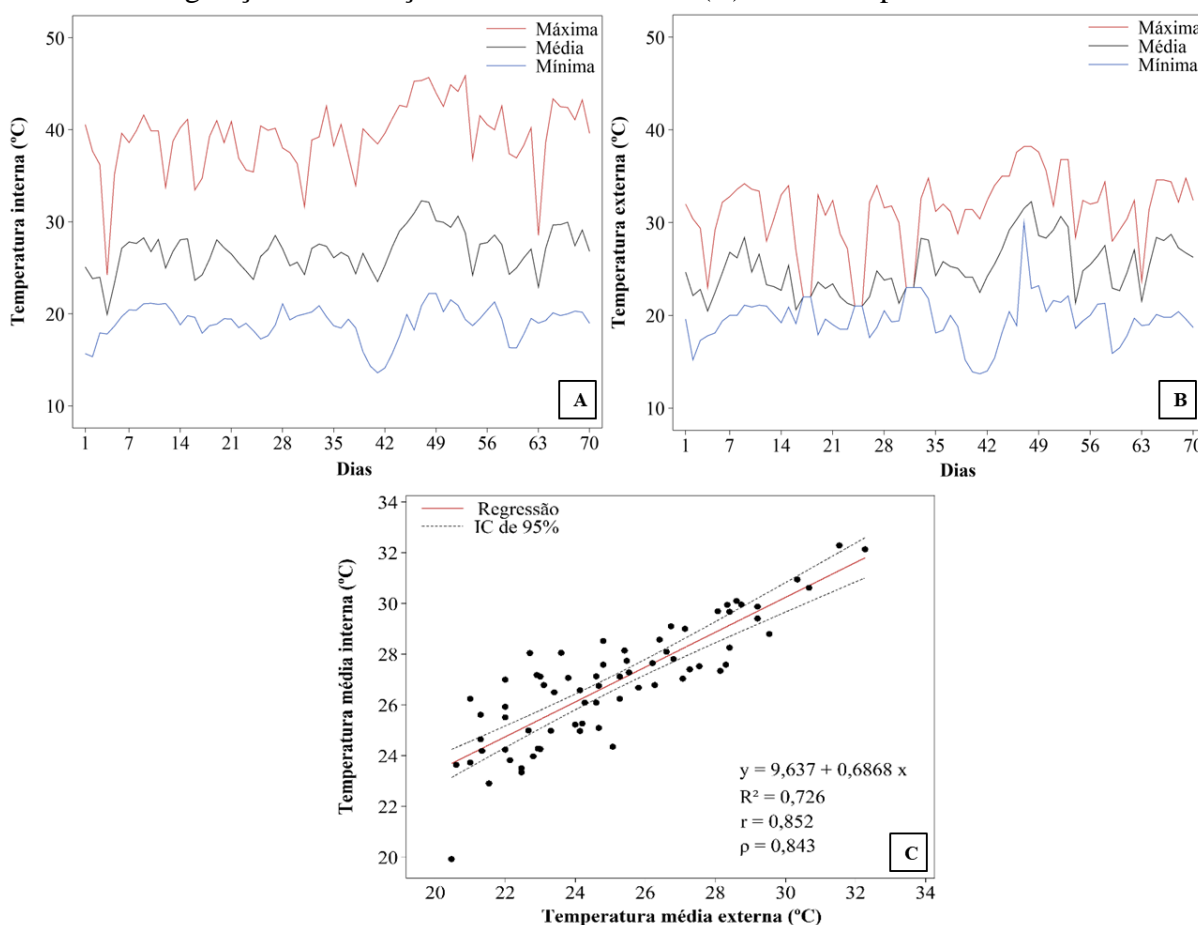
As variáveis micrometeorológicas da casa de vegetação foram correlacionadas com as do ambiente externo por meio de regressão linear simples. Os critérios estatísticos para seleção de modelos foram baseados no teste F, no coeficiente de determinação ( $R^2$ ), nos coeficientes de correlação de Person ( $r$ ) e Spearman ( $\rho$ ). As avaliações foram realizadas no software Minitab® versão 20.3.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A variação e a correlação da temperatura do ar no ambiente interno e externo na casa de vegetação durante o período experimental estão apresentados na Figura 1. Verificou-se que, a temperatura do ar no interior da casa de vegetação variou de 13,6 a 45,9°C com média absoluta de 26,9°C (Figura 1A). A temperatura absoluta do ar no ambiente externo variou de 13,7 a

38,2°C, sendo a temperatura média absoluta de 25,1°C. Tendo-se em consideração estes valores absolutos, nota-se que, o ambiente interno apresentou um acréscimo de 1,8 °C em relação ao externo (Figura 1 B). Com base na análise de regressão linear da temperatura média entre os dois ambientes, houve boa correlação entre os mesmos, o que pode ser observado pelo alto valor de coeficiente de determinação  $R^2= 0,726$ , como também pelos valores de coeficiente de Pearson  $r= 0,852$  e Spearman  $\rho= 0,843$  (Figura 1C).

Figura 1 – Variação da temperatura (°C), no ambiente interno (A) e externo (B) da casa de vegetação e correlação entre os ambientes (C) no município de Lavras – MG.



Fonte: Acervo da pesquisa.

Registrou-se maior temperatura média no interior da casa de vegetação do que no ambiente externo, bem como, maior temperatura máxima. De acordo com Rebouças *et al.* (2015), a temperatura média do ambiente no interior da casa de vegetação é sempre maior que o externo, e as diferenças podem variar em torno de 0,5 a 9,0°C. Logo, a diferença das temperaturas médias entre os dois ambientes na referente pesquisa, mostra-se dentro dessa variação. A maior temperatura encontrada no ambiente interno se dá em decorrência do

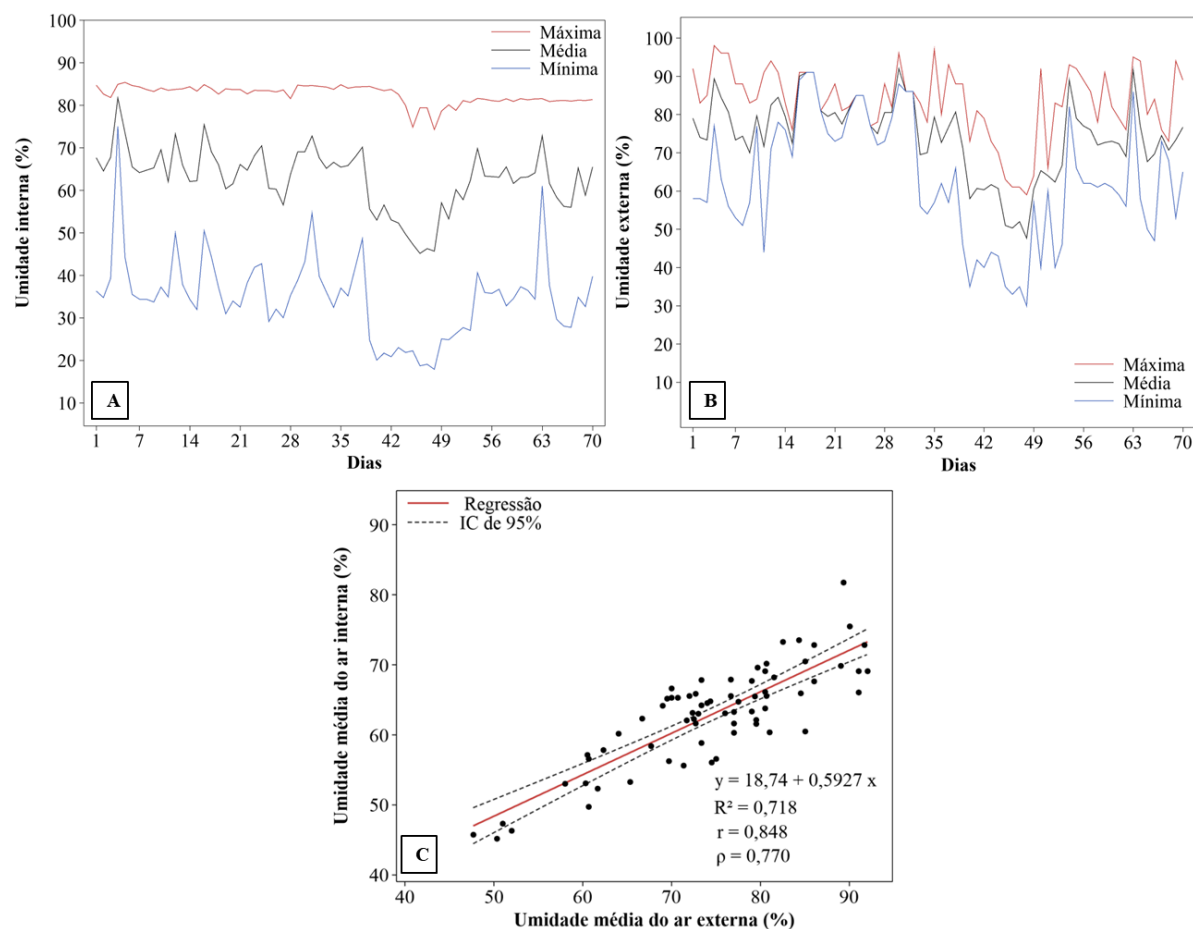
acúmulo de carga térmica, que é provocado pela cobertura, que limita a convecção natural do ar quente, restringindo a troca de calor sensível com o ambiente externo (FERRARI; LEAL, 2015).

Fato como este, foi encontrado nos estudos de Silva *et al.* (2003) e Oliveira *et al.* (2012), em que, constataram valores de temperatura máxima acentuadamente maiores em casa de vegetação com relação a condição de campo. Andrade junior *et al.* (2011), também obtiveram maiores temperaturas médias no ambiente interno da casa de vegetação, com 1,9 a 2,3°C superior ao campo.

Cardoso *et al.* (2008) evidenciam que essas variações da temperatura do ar dentro da casa de vegetação estão relacionadas com o balanço de energia, que é influenciado não só pelo tipo de cobertura, mas também, pelo ângulo da radiação solar, bem como, pelo tamanho e abertura das cortinas laterais. Oliveira *et al.* (2019), enfatizam que é normal o ambiente dentro da casa de vegetação apresentar temperaturas mais elevadas, contudo, não é viável que tal condição permaneça por longos períodos, pois, poderá influenciar negativamente no metabolismo do vegetal, podendo acarretar a morte da planta. Logo, os resultados da temperatura do ar obtidos dentro da casa de vegetação, se mostraram propícios para o desenvolvimento da espécie *Megathysus maximus*, a qual desenvolve-se em uma faixa ótima de temperatura de 20°C a 30°C (PEDREIRA *et al.*, 2009).

Os valores médio, máximo e mínimo diários da umidade relativa do ar determinados no interior e no exterior da casa de vegetação durante o período experimental são apresentados na Figura 2. Observa-se que, os valores de umidade do ar no interior da casa de vegetação variou de 18,7 a 84,9%, com média de 62,8% (Figura 2A). Para o ambiente externo, os valores variaram de 33 a 98%, com média de 74,42% (Figura 2B), esses valores se mostram superiores ao ambiente interno, com diferença média de 11,62%. Na análise de regressão linear, ratificase, alta correlação entre a umidade relativa média dos dois ambientes, com valores do coeficiente de regressão  $R^2=0,718$ , assim como, altos valores de coeficiente de Pearson  $r=0,848$  e Spearman  $\rho = 0,770$  (Figura 2C).

Figura 2 – Variação da umidade relativa do ar no ambiente interno (A) e externo (B) da casa de vegetação e correlação média entre os dois ambientes (C) no município de Lavras - MG.



Fonte: Acervo da pesquisa.

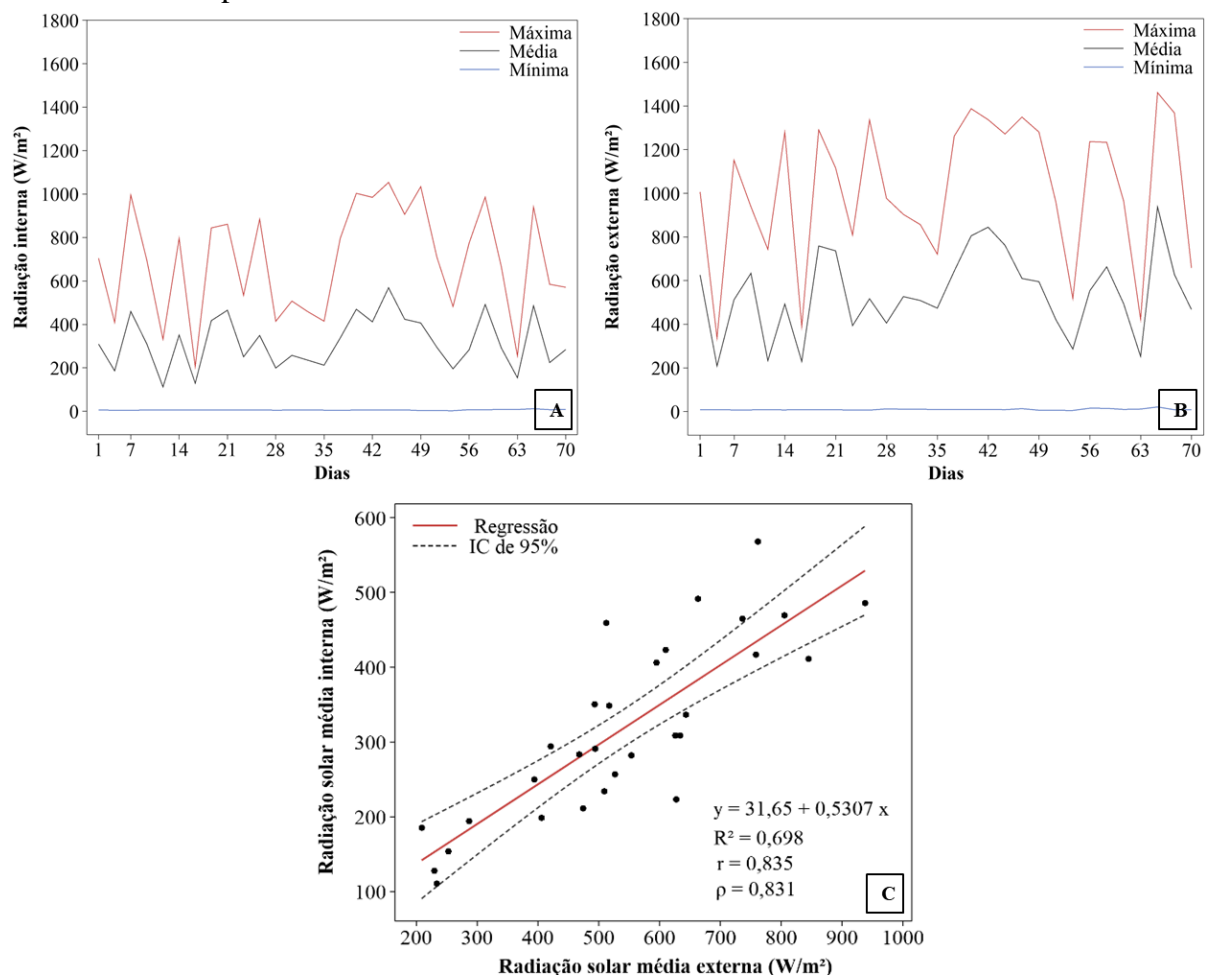
Nota-se que, o ambiente externo apresentou maior umidade relativa se comparada ao ambiente interno. Isso pode ser explicado pela maior temperatura registrada no ambiente interno, pois, como é sabido, a temperatura e umidade relativa atuam de forma inversamente proporcional. Resultados semelhantes também foram encontrados por Costa *et al.* (2015), que relataram maior umidade relativa do ar em campo, assim como, também foi verificado no estudo de Costa *et al.* (2011), que comprovaram durante o período experimental menor umidade relativa do ar para o ambiente no interior da casa de vegetação.

De acordo com os autores, o fato pelo qual o aumento da temperatura diminui a umidade relativa do ar, é justificado pelo aumento da energia cinética das moléculas de água no estado de vapor, que nesse caso, com maior energia cinética, as moléculas se deslocam com maior velocidade abrangendo grande espaço em relação ao estado termodinâmico de menor

temperatura, que por meio da dispersão das partículas de vapor de água o meio fica menos concentrado, resultando em uma menor umidade relativa do ar.

Os valores médio, máximo e mínimo da radiação solar no interior e exterior da casa de vegetação, no decorrer do período estudado, são apresentados na Figura 3. Nota-se que, no ambiente interno, a radiação variou de 0 a 1053,3  $\text{Wm}^{-2}$ , com média absoluta do período estudado de 318,6  $\text{Wm}^{-2}$  (Figura 3A). O ambiente externo apresentou maiores valores de radiação solar, variando de 0 a 1460,9  $\text{Wm}^{-2}$  com média absoluta do período de 540,7  $\text{Wm}^{-2}$  (Figura 3B). Por meio da regressão linear pôde-se observar que ambos os ambientes apresentaram boa correlação média, apresentando coeficiente de determinação  $R^2 = 0,698$  e coeficiente de Pearson  $r = 0,835$  e Spearman  $\rho = 0,831$ .

Figura 3 – Variação da radiação solar ( $\text{Wm}^{-2}$ ) no ambiente interno (A) e externo (B) da casa de vegetação e correlação da radiação solar média entre os dois ambientes (C) no município de Lavras-MG.



Fonte: Acervo da pesquisa.

Essa menor incidência de radiação solar registrada no ambiente interno da casa de

vegetação com relação ao externo, pode ser devida à reflexão e absorção causada pelo material de cobertura (BECKMANN *et al.*, 2006). Essa explicação é corroborada por Ferreira *et al.* (2004), que constataram diminuição do nível de radiação solar em casa vegetação com cobertura de polietileno, assim como Cardoso *et al.* (2008) que constataram uma redução de 33% da radiação média utilizando o mesmo material.

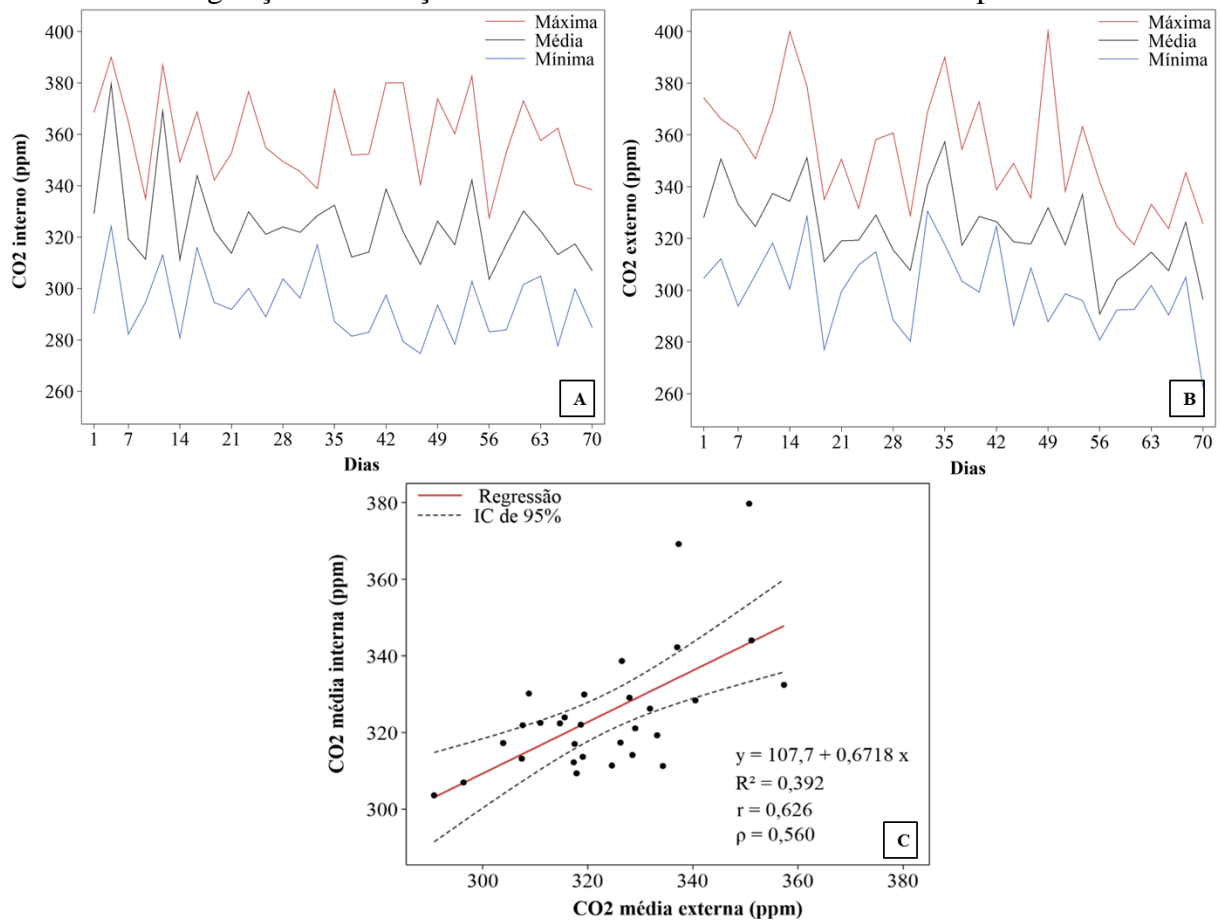
Essa reflexão é determinada pelas condições da superfície de cobertura (tempo de cobertura, deposição de poeira, etc...), enquanto a absorção depende da composição química do material, pois, os tipos de materiais normalmente utilizados, além de ocasionarem a diminuição de fluxo de radiação solar, apresentam efeito seletivo, ou seja, permitem a passagem de certas faixas espectrais e reduzem a transmitância de outras faixas de comprimento de onda (FARIAS *et al.*, 1993).

Nesse sentido, cabe ressaltar que em todos os processos das plantas como: a fotossíntese, transpiração, fotoperiodismo, crescimento dos tecidos e floração, a radiação solar possui importância decisiva diante desses processos (GUISELINI *et al.*, 2010), sendo esta, uma variável que limita o rendimento das culturas tanto em campo como em ambiente protegido, dessa forma, a cobertura em casa de vegetação é uma característica importante e decisiva para o desenvolvimento das culturas (GUISELINI *et al.*, 2003).

Na análise das concentrações de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (Figura 4), para o ambiente interno e externo da casa de vegetação, verificou-se que, o CO<sub>2</sub> no ambiente interno variou de 275 a 390 ppm, sendo a média de 325 ppm (Figura 4A). Já o ambiente externo, os níveis de CO<sub>2</sub> variaram de 262 a 400 ppm, com média de 323 ppm (Figura 4B). Os valores obtidos não apresentaram boa correlação entre os ambientes, podendo ser constatada por meio da análise de regressão linear (Figura 4C), que evidenciou fraca correlação média, com valores baixos de R<sup>2</sup>= 0,392 e Pearson r = 0,626 e Spearman ρ = 0,560.



Figura 4 – Variação de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no ambiente interno (A) e externo (B) da casa de vegetação e correlação média entre os dois ambientes no município de Lavras-MG.



Fonte: Acervo da pesquisa.

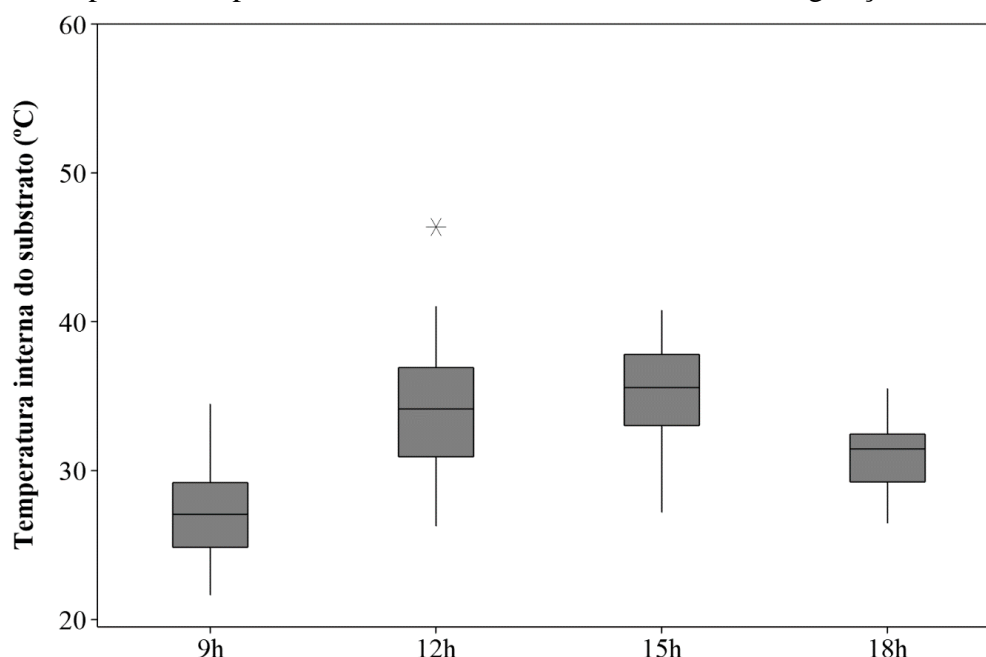
A concentração média de dióxido de carbono na atmosfera é de aproximadamente 400 ppm (NOAA, 2022), assemelhando-se aos achados nessa pesquisa. Contudo, o ideal para estimular a taxa de crescimento das plantas é de aproximadamente 1000 ppm (BRAGA *et al.*, 2021). Dessa forma, têm sido adotados métodos de aplicação de dióxido de carbono em casa de vegetação, visando acelerar o crescimento e incrementar a produtividade das culturas (PINTO *et al.*, 2000). Contudo, o incremento de CO<sub>2</sub>, pode variar significativamente nas plantas, como ressalta Long (2006), em que plantas com metabolismo C3 podem apresentar melhores respostas, quando comparada às plantas de metabolismo C4.

A variabilidade da temperatura dentro dos vasos entre horário é apresentada na Figura 5 e os valores da estatística descritiva são apresentados na Tabela 1. Constata-se que, os valores das médias foram similares aos da mediana, sendo observado assimetria negativa dos dados apenas para o horário das 18 horas, comprovado pela mediana próximo ao terceiro quartil (Figura 5; Tabela 1).

Observou-se maiores valores de temperatura do solo no interior dos vasos no horário

das 12 horas, decorrente dos maiores quantitativos médios de incidência solar dentro da instalação. A menor amplitude foi verificada às 18 horas, indicada pela menor dispersão de dados com relação à média. Isso pode ser explicado pelo baixo valor do coeficiente de variação ( $CV \leq 12\%$ ), apontando que, para esse horário, os dados são relativamente homogêneos. Evidencia-se que, a maior variabilidade de temperatura interna do solo nos vasos foi no horários das 12 horas, com  $CV = 13,3\%$ , classificando-se como médio.

Figura 5 – Boxplot da temperatura interna solo em vasos em casa de vegetação.



Fonte: Acervo da pesquisa.

Tabela 1- Resultados da estatística descritiva da temperatura interna do solo nos vasos em casa de vegetação.

Horário	Média	DP	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	A	CV (%)
9h	26,9	2,9	21,6	24,8	27,06	29,1	34,4	12,8	10,9
12h	34,1	4,5	26,3	30,9	34,1	36,9	46,4	20,1	13,3
15h	35,2	3,5	27,2	33,02	35,6	37,8	40,8	13,6	9,9
18h	30,9	2,4	26,5	29,2	31,4	32,4	35,5	9,05	7,7

Em que, DP: Desvio Padrão, A: Amplitude, CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Acervo da pesquisa.

Constata-se maiores variações térmicas nos horários das 12 e 15 horas, devido à temperatura do ar ser mais elevada, em decorrência da maior incidência solar. É fundamental o conhecimento da variação horária, bem como, diária, estacional e anual da temperatura do solo,

pois, essas variações podem inibir ou prejudicar o desenvolvimento das culturas (AZEVEDO *et al.*, 2003), especificamente em casa de vegetação, já que ocorre um menor volume de ar. DONATONI *et al.* (2021) ressaltam que a temperatura do solo é um parâmetro importante para a planta, desde a germinação da semente até após a emergência, pois, valores extremos de temperatura podem ocasionar estresse térmico no tecido radicular, levando ao comprometimento de absorção de água e de nutrientes, e conseqüentemente, afetando o crescimento e produtividade da cultura.

#### **4 CONCLUSÃO**

As variáveis avaliadas no interior da casa de vegetação apresentaram forte correlação com o ambiente externo, com exceção para o CO<sub>2</sub> que apresentou baixa correlação entre as médias dos dois ambientes, e atenderam às necessidade da espécie durante o período experimental.

Constatou-se, variabilidade para a temperatura interna do solo nos horários avaliados, com temperatura mais baixas no período da manhã e início da noite, devido à menor incidência de radiação solar no ambiente nesses horários. Assim, conferiu-se relação diretamente proporcional entre o comportamento da temperatura interna do solo com o saldo de radiação solar.

## REFERÊNCIA

- ALVES, C. P.; JÚNIOR, B. C.; ROCHA, A. K. P.; MENEZES, D. S. M. V.; SILVA, D.E.; LEITE, M. L. D. M. V. Respostas morfofisiológicas das plantas forrageiras sob manejo de cultivo e pastejo: Uma revisão. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 6, p. e10610615405-e10610615405, 2021.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. D.; DAMASCENO, L. M.; DIAS, N. D. S.; GHEYI, H. R.; GUISELINI, C. Climate variations in greenhouse cultivated with gerbera and relationship with external conditions. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, p. 857-867, 2011.
- ANDRADE, A. S.; SANTOS, P. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; ARAÚJO, L. C., PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S.; MARIN, F. R.; LARA, M. A. S. Simulating tropical forage growth and biomass accumulation: an overview of model development and application. **Grass and Forage Science**, v.71, n.1, 54-65, 2016.
- AZEVEDO, T. R.; GALVANI, E. Ajuste do ciclo médio mensal horário da temperatura do solo em função da temperatura do ar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 123-130, 2003.
- BECKMANN, M. Z.; DUARTE, G. R. B.; PAULA, V. A. D.; MENDEZ, M. E. G.; PEIL, R. M. N. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 86-92, 2006.
- BRAGA, F. M.; FERREIRA, E. A.; CABRAL, C. M.; FREITAS, I. C.; MACIEL, J. C.; FREITAS, M. S. S.; SAMPAIO, R. A. Revisão: Crescimento de plantas C3 e C4 em resposta a diferentes concentrações de CO<sub>2</sub>. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 7, e33810716701, 2021.
- CASAI, L. K. N.; AVIZ, R. O.; SANTOS, N. F. A.; MELO, M. R. S.; SOUZA, V. Q.; BORGES, L. S.; LIMA, A. K. O.; GUERREIRO, A. C. Índices morfofisiológicos e produção de pimentão produzido em diferentes substratos a base de resíduos orgânicos em ambiente protegido. **Revista Agroecossistemas**, Belém, v.10, n.1, p.174-190, 2018.
- CARDOSO, L. S.; BERGAMASCHI, H.; COMIRAN, F.; CHAVARRIA, G.; MARODIN, G. A. B.; DALMAGO, G. A.; MANDELLI, F. Alterações micrometeorológicas em vinhedos pelo uso de coberturas de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n.4, p.441-447, 2008.
- CAVALCANTI, S. D. L.; GOMES, N. F.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; ASSUNÇÃO MONTENEGRO, A. A. Variação espaço-temporal da temperatura do substrato em bandejas de produção de mudas. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 6, n. 1, p. 66-73, 2019.
- COSTA, E.; LEAL, P. M. Medidas radiométricas em casas de vegetação com cobertura plástica na região de Campinas-SP. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal-SP, v. 31, n. 3, p. 448-457, 2011
- COSTA, J. O.; ALMEIDA, A. N.; COELHO, R. D.; FOLEGATTI, M. V.; JOSÉ, J. V. Modelos de estimativa de elementos micrometeorológicos em ambiente protegido. **Water Resources and Irrigation Management**, São Paulo, v. 4, n. 1-3, p. 25-31, 2015.

CRUZ, N. T.; PIRES, A. J. V.; FRIES, D. D.; JARDIM, R. R.; LANA SOUSA, B. M., DIAS, D. L. S.; SACRAMENTO, M. R. S. V. Fatores que afetam as características morfológicas e estruturais de plantas forrageiras. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 7, p. e5410716180-e5410716180, 2021.

DONATONI, K. A. P.; BIANCHO, L. E.; APARECIDO, C. F. F.; CARVALHO, J. B. Temperatura do solo em áreas irrigadas com diferentes coberturas vegetais. **Unifunec científica multidisciplinar**, Santa Fé do Sul, v. 10, n. 12, p. 1-13, 2021.

FARIAS, J. D.; BERGAMASCHI, H. D.; MARTINS, S. D.; BERLATO, M. A. Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 31-36, 1993.

FERRARI, D. L.; LEAL, P.A.M. Uso de tela termorrefletora em ambientes protegidos para cultivo do tomateiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 180-191, 2015.

FERREIRA, G. C. V.; MIZIARA, F.; COUTO, V. R. M. Pecuária em Goiás: análise da distribuição espacial e produtiva. **Rede-Revista Eletrônica do Prodepa**, Ceará, v. 13, n. 2, p. 21-39, 2020.

FERREIRA, M. A.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; SANTOS, A. O.; HERNANDES, J. L. Modificação parcial do ambiente de cultivo da videira ‘Cabernet Sauvignon’ sobre diferentes porta-enxertos: efeito sobre a produção e o teor de sólidos solúveis. **Bragantia**, Campinas, v.63, p.439-445, 2004.

GASPARIM, E.; RICIARI, R. P.; LIMA SILVA, S.; DALLACORT, R.; GNOATTO, E. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 107-114, 2005.

GÓMEZ, J. E.; CASTAÑO, S.; MERCADO, T.; FERNANDEZ, A.; GARCIA, J. Sistema de internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de cultivos protegidos. **Ingeniería e Innovación**, São Paulo, v. 5, n. 1, 2017.

GUIMARÃES, A. K. V.; BITENCOURT, L. L. Utilização de luz pelas comunidades de plantas forrageiras nas pastagens, com ênfase nas tropicais. **Pubvet**, Maringá, v. 4, n. 03, 2010.

GUISELINI, C.; SENTELHAS, P. C.; PANDORFI, H.; HOLCMAN, E. Manejo da cobertura de ambientes protegidos: Radiação solar e seus efeitos na produção de gérbera. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 645-652, 2010.

GUISELINI, C.; SENTELHAS, P. C.; OLIVEIRA, R. C. Uso de malhas e sombreamento em ambiente protegido II: Efeito sobre a radiação solar global e a fotossinteticamente ativa no crescimento e produção da cultura de pimentão. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Curitiba, v.11, p.15-26, 2004.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. 2023. Disponível: <https://bdmep.inmet.gov.br/#>. Acesso em: 10 dez. 2023.

JARDIM, C.C.S.; SANTOS, R.O.; OLIVEIRA, A.C.; SILVA, V.L. Interações climáticas na horticultura tropical e ferramentas de gestão climatológicas. *In: Dias, João Paulo Tadeu (org). Perspectivas na horticultura*. 1ª ed. Belo Horizonte: edUEMG, 2021. p. 1-19. Disponível em: [https://editora.uemg.br/images/livros-pdf/catalogo-2021/Perspectivas/Dias\\_perspectivas\\_na\\_horticultura.pdf](https://editora.uemg.br/images/livros-pdf/catalogo-2021/Perspectivas/Dias_perspectivas_na_horticultura.pdf). Acesso em: 27 jan. 2023.

JORGE, R. C.; OLIVEIRA, V. C.; FRANCO, J. R.; DAL PAI, A.; SARNIGHAUSEN, V. C. R.; RODRIGUES, S. A. Caracterização meteorológica em ambiente protegido para cultura lúpulo considerando períodos horários e estações climáticas. *In: XII JORNACITEC- Jornada Científica e Tecnológica*, 12ª ed, 2023, Botucatu - São Paulo.

LONG S. P., AINSWORTH, E. A., LEAKEY, A. D. B., NÖSBERGER, J.; ORT, D.R. Food for thought: lower-than-expected crop yield stimulation with rising CO2 concentrations. *science*, Washington, v. 312, n. 5782, p. 1918-1921, 2006.

NOAA. National Climatic Data Center, State of the Climate, 2022. Disponível em: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/>. Acessado em: 25 jan 2024.

NUNES, E. L.; PELUZIO, L. E.; PERUSSO, G.; CARVALHO, T. S. Monitoramento ambiental de área controlada para produção de orquídeas: caracterização sazonal das variáveis climáticas. *Revista Ponto de Vista*, Viçosa, v. 9, n. 2, p. 37-53, 2020.

OLIVEIRA, G. M.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; ROCHA, R. C. Temperatura do ar no interior e exterior de ambientes protegidos. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Pombal, v.7, n.2, p.250-257, 2012.

OLIVEIRA, H. B. P.; SANTANA, L. M.; SANTOS, C. E. R.; MAZZINI-GUEDES, R. B. Casa de vegetação de baixo custo. *Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade*, Pelotas, v. 7, p. 7-13, 2019.

PAULA, R. D. C. M.; SILVA, A. G.; COSTA, E.; SILVA BINOTTI, F. F. Monitoramento de variáveis micrometeorológicas em diferentes ambientes protegidos no período de inverno. *Revista de agricultura neotropical*, Mato Grosso do Sul, v. 4, n. 5, p. 103-109, 2017.

PEDREIRA, C. G. S.; TONATO, F.; LARA, M. A. S. Forrageiras: *Brachiaria*, *Panicum* e *Cynodon*. *In: Monteiro, J. E. B. A. (Org.). Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola*. 1ª ed. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia, 2009.

PINTO, J. M.; BOTREL, T. A.; MACHADO, E. C. Uso de dióxido de carbono na agricultura. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30, p. 919-925, 2000.

REBOUÇAS, P. M.; DIAS, Í. F.; ALVES, M. A.; BARBOSA FILHO, J. A. D. Radiação solar e temperatura do ar em ambiente protegido. *Revista Agrogeoambiental*, v. 7, n. 2, p. 115-125, 2015.

REZENDE, F. M.; SOUZA, A. P.; BUCKERIDGE, M. S.; FURLAN, C. M. Is guava phenolic metabolism influenced by elevated atmospheric CO2?. *Environmental Pollution*, v. 196, p. 483-488, 2015.

SANTOS, A. R. M. D.; GOMES, F. J.; XIMENES, E. S. O. C.; ARAGÃO, W. F. D. X.; SILVA, A. C. D. Efeito do ambiente luminoso em forrageiras de clima tropical em sistemas silvipastoris. **Nativa. Pesquisas Agrárias e Ambientais**, Mato Grosso, v. 8, n. 5, p. 633-642, 2020.

SANTOS, N.; AZENHA, M.; SOUZA, F. H.; REIS, R.; RUGGIERI, A. C. Fatores ambientais e de manejo na qualidade de pastos tropicais. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13, 2011.

SILVA, E. T.; BYLLARDT, L. V. B.; GOMES, S.; WOLF, G. D. Comportamento da temperatura do ar sob condições de cultivo em ambiente protegido. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v.1, n.1, p.51-54, 2003.

SOUZA, J. P.; TOWNSEND, C. R.; CARMO ARAÚJO, S. R.; OLIVEIRA, G. A. Características morfológicas, estruturais e agronômicas de gramíneas tropicais: uma revisão. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 8, p. e942986588-e942986588, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 848p. 2017.

ZANINI, G. D.; SANTOS, G. T.; SBRISSIA, A. F. Frequencies and intensities of defoliation in Aruana Guineagrass swards: accumulation and morphological composition of forage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v.41, n.4, 905-913, 2012.