

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CÂMPUS DE DRACENA**

Stefani Paulo Silva

Química Bacharelado

**APLICAÇÃO DE SILICATO E CALCÁRIO ASSOCIADOS À
DISPONIBILIDADE HÍDRICA E O EFEITO NA FERTILIDADE
DO SOLO E PRODUÇÃO DO CAPIM BRS ZURI**

Dracena

2026

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CÂMPUS DE DRACENA

Stefani Paulo Silva

Química Bacharelado

**APLICAÇÃO DE SILICATO E CALCÁRIO ASSOCIADOS À
DISPONIBILIDADE HÍDRICA E O EFEITO NA FERTILIDADE
DO SOLO E PRODUÇÃO DO CAPIM BRS ZURI**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Câmpus de Dracena como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

Orientador: Prof. Dr. Reges Heinrichs

Coorientadora: Dr^a. Monica Sartori de Camargo

Dracena

2026

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvida pela Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
Campus de Dracena

S586a

Silva, Stefani Paulo

Aplicação de silicato e calcário associados à disponibilidade hídrica e o efeito na fertilidade do solo e produção do capim BRS Zuri [recurso eletrônico] / Stefani Paulo Silva. -- Dracena: [s.n.], 2026.

44 f. ; PDF : il. color.

Recurso educacional derivado de dissertação em Ciência e Tecnologia Animal - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena. Orientado por Reges Heinrichs. Área do conhecimento: Produção Animal, 2026.

1. Silício. 2. Solos correção. 3. Irrigação com déficit hídrico. 4. Plantas forrageiras. 5. Fertilidade do solo. I. Título.

Bibliotecário Fábio S. Rosas
CRB 8/6665

IMPACTO ESPERADO NA SOCIEDADE

A pesquisa contribui para aprimorar o manejo de pastagens por meio da melhoria da fertilidade do solo e da disponibilidade hídrica, oferecendo alternativa sustentável e produtiva, capazes de reduzir a degradação, otimizar o uso de insumos e fortalecer a pecuária em regiões tropicais.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Dracena



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Aplicação de Silicato e Calcário associados à disponibilidade hídrica eo efeito na fertilidade do solo e produção do capim BRS Zuri

AUTORA: **STEFANI PAULO SILVA**

ORIENTADOR: REGES HEINRICHS

COORDINADORA: MÔNICA SARTORI DE CAMARGO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ciências , pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **REGES HEINRICHS**
Data: 26/02/2026 15:47:19-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Assoc. REGES HEINRICHS (Participação Presencial)
Departamento de Produção Vegetal / UNESP / Câmpus de Dracena - FCAT

Documento assinado digitalmente
 **CAROLINA DOS SANTOS BATISTA BONINI**
Data: 26/02/2026 15:58:27-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Dra. CAROLINA DOS SANTOS BATISTA BONINI (Participação Presencial)
Departamento de Produção Vegetal / UNESP / Câmpus de Dracena - FCAT

Documento assinado digitalmente
 **HAMILTON SERON PEREIRA**
Data: 03/03/2026 15:51:07-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. HAMILTON SERON PEREIRA (Participação Virtual)
Instituto de Ciências Agrárias / Universidade Federal de Uberlândia (UFU) - Uberlândia/MG

Dracena, 24 de fevereiro de 2026.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Stefani Paulo Silva, nascida em 10 de dezembro de 1993, na cidade de Junqueirópolis/SP. É formada em Bacharela em Química (2016) na Faculdades Adamantinenses Integradas (FAI). Atuou profissionalmente no setor industrial, onde desenvolveu competências técnicas relacionadas a processos químicos e controle de qualidade. Desde 2023, exerce atividades docentes no ensino técnico e médio, ministrando disciplinas da área de Química e correlatas. Iniciou o curso de mestrado acadêmico “*strictu sensu*” em Ciência e Tecnologia Animal na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas Câmpus de Dracena, em fevereiro de 2024. Participou de atividades do Grupo de Experimentação em Nutrição e Adubação de Plantas (GENAP), onde desenvolveu atividades na área de fertilidade do solo e nutrição de plantas. Sua trajetória acadêmica e profissional é marcada pelo comprometimento, pela conciliação entre trabalho e estudos e pelo constante aperfeiçoamento na área das Ciências Exatas e Tecnológicas.

DEDICATÓRIA

A minha mãe Olivia Paulo e minha companheira Alessandra Cristina Verginassi, que sempre me apoiaram, exemplos fundamentais para minha vida profissional e pessoal.

AGRADECIMENTOS

A Deus, Senhor de todas as coisas e destinos, que guia minha trajetória de vida, inspira meu trabalho e não me deixa fraquejar.

À minha mãe Olivia Paulo, por ser minha base e sempre ser compreensiva com minhas escolhas em tantas dificuldades que surgiram no caminho.

Aos demais familiares e amigos, pois sem o apoio deles, não estaria concluindo mais uma etapa na minha vida.

A todos os professores que cooperam para minha trajetória acadêmica, contribuindo com a minha formação intelectual e pessoal que, apesar de ser uma profissão importantíssima para a construção de uma sociedade melhor, é tão desvalorizada.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Reges Heinrichs e coorientadora Dr^a. Monica Sartori de Camargo pelos ensinamentos, oportunidades, paciência e preocupação com minha formação.

À instituição de ensino Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus Dracena, pela oportunidade de contribuir para minha formação profissional, concedida por meio da realização deste curso.

A todo o corpo docente da instituição UNESP, que repassou um pouco dos seus conhecimentos para agregação da minha formação acadêmica, que compartilharam seus conhecimentos para realização deste curso.

Ao Grupo de Experimentação em Nutrição e Adubação de Plantas (GENAP), que foram essenciais durante minha trajetória.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“A educação é a semente da virtude, e a esperança é o solo onde ela floresce.” (Aristóteles).

RESUMO

A fertilidade do solo e a disponibilidade hídrica são fatores determinantes para a produtividade de sistemas forrageiros tropicais, especialmente diante do aumento na frequência de períodos de seca. Este estudo avaliou os efeitos da aplicação de corretivos de acidez do solo (silicato de cálcio e magnésio e calcário), associados a dois níveis de disponibilidade hídrica, 50% e 80% da capacidade de campo (CC), sobre o desenvolvimento foliar e a produção de biomassa da forrageira *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em um Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico, em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 2×3 , com quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Foram realizados três cortes da forrageira, avaliando-se produção de massa seca da parte aérea e radicular, altura de plantas, perfilhamento, índice de clorofila (SPAD), concentração de silício (Si) na parte aérea, teor de Si disponível no solo e o pH ao final do terceiro corte. Os resultados indicaram que a disponibilidade hídrica foi determinante na produtividade do *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri, influenciando diretamente a biomassa aérea. O silicato elevou o pH e os teores de Si no solo e nas folhas, contribuindo para maior produção de massa seca, sobretudo sob maior umidade. O silicato mostrou-se eficiente na melhoria das condições químicas do solo visando correção da acidez e aumentar a disponibilidade de silício.

Palavras-chave: Silício. Solos correção. Irrigação com déficit hídrico. Plantas forrageiras. Fertilidade do solo.

ABSTRACT

Soil fertility and water availability are determining factors for the productivity of tropical forage systems, particularly under the increasing frequency of drought periods. This study evaluated the effects of soil acidity amendments (calcium and magnesium silicate and limestone) associated with two water availability levels, 50% and 80% of field capacity (FC), on leaf development and biomass production of *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri. The experiment was conducted in a greenhouse, on a dystrophic Red Yellow Ultisol, using a randomized block design in a 2 × 3 factorial scheme, with four replications, totaling 24 experimental units. Three harvests of the forage were performed, evaluating shoot and root dry matter production, plant height, tillering, and chlorophyll index. (SPAD), silicon (Si) concentration in the shoots, available soil Si content, and soil pH at the end of the third harvest. The results indicated that water availability was a determining factor for the productivity of *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri, directly influencing shoot biomass. Silicate application increased soil pH and Si levels in both soil and leaves, contributing to greater dry matter production, particularly under higher moisture conditions. Silicate proved effective in improving soil chemical conditions by correcting acidity and increasing silicon availability.

Keywords: silicon; Amendments, Soil. Deficit irrigation scheduling. Forage plants. Soil fertility.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral.....	15
2.2 Objetivos Específicos.....	15
3 HIPOTESE	15
4 REVISÃO DE LITERATURA	16
4.1 <i>Megathyrus Maximus</i> cv. BRS Zuri: Importância e Potencial na Diversificação de Pastagens.....	16
4.2 Respostas de Culturas Agrícolas à Aplicação de Silicatos	17
5 MATERIAL E MÉTODOS	20
5.1 Local do Experimento e Espécie Forrageira	20
5.2 Coleta do Solo, Preparo e Atributos Químicos Iniciais	21
5.3 Delineamento Experimental e Tratamentos.....	21
5.4 Implantação e Condução da Cultura	23
5.5 Cortes da Forrageira e Monitoramento	24
5.6 Parâmetros Avaliados na Pastagem.....	24
5.6.1 Produção de massa seca da parte aérea.....	24
5.6.2 Altura de plantas e perfilhamento.....	24
5.6.3 Índice de clorofila foliar.....	25
5.6.4 Concentração de silício na parte aérea.....	25
5.6.5 Massa seca de raiz e resíduo	25
5.7 Atributos Químicos do Solo ao Final do Experimento.....	26
5.7.1 Teor de silício disponível no solo	26
5.8 Análises Estatísticas	26
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
6.1 Produção de Massa Seca da Parte Aérea.....	27

6.2 Altura de Plantas e Perfilhamento	30
6.3 Índice de Clorofila Foliar	32
6.4 Concentração de Silício na Parte Aérea	35
6.5 Massa Seca de Raiz e Resíduo.....	37
6.6 Teor de Silício Disponível no Solo	38
6.7 Determinação do pH no Solo.....	39
7 CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

A fertilidade do solo e a disponibilidade hídrica (DH) são fatores fundamentais para a eficiência dos sistemas agrícolas, especialmente em regiões tropicais. As mudanças climáticas têm intensificado a frequência e a severidade dos períodos de seca, ampliando a dependência do uso de irrigação no Brasil, conforme relatado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2024). Esse cenário impõe limitações significativas à produção de biomassa e ao desenvolvimento das culturas, sobretudo em sistemas pastoris.

No Brasil, as pastagens ocupam aproximadamente 177 milhões de hectares, dos quais 41% apresentam algum nível de degradação moderado e 21% encontram-se em estado severo de degradação (Bolfe *et al.*, 2024). Essa condição compromete a produtividade pecuária nacional e representa um risco ambiental significativo, especialmente em função da perda de matéria orgânica, compactação do solo e redução da capacidade de infiltração e retenção de água. A ausência de reposição adequada de nutrientes, aliada à baixa DH, reduz o potencial produtivo das pastagens, estabelecendo um ciclo vicioso caracterizado por baixa produção de massa seca e pela necessidade recorrente de reformas das áreas degradadas (Dias *et al.*, 2006).

A correção da acidez do solo é uma prática essencial para o restabelecimento da fertilidade em solos tropicais altamente intemperizados. Os corretivos mais comumente utilizados são os calcários, devido ao seu menor custo e ampla disponibilidade. Entretanto, o uso desses insumos em áreas de pastagens ainda é limitado no Brasil, sendo inferior a um milhão de toneladas por ano (Cordeiro *et al.*, 2022).

Os silicatos vêm sendo estudados como uma alternativa promissora, uma vez que atuam simultaneamente como corretivo de acidez e fonte de silício (Si), contribuindo para a melhoria das propriedades químicas do solo e para a mitigação dos efeitos do déficit hídrico, especialmente em sistemas de produção de forrageiras (Oliveira *et al.*, 2021).

O Si é considerado um elemento benéfico às plantas, desempenhando importante papel na tolerância a estresses abióticos. Sua absorção está associada à melhoria na morfologia foliar, ao incremento do crescimento radicular e à redução da perda de água por transpiração cuticular, favorecendo a manutenção do estado hídrico da planta sob condições de limitação de água no solo (Kumar *et al.*, 2025).

A espécie forrageira *Megathyrsus maximus* é amplamente utilizada nos sistemas pecuários brasileiros, apresentando cultivares com características distintas quanto ao porte, exigência nutricional e adaptação edafoclimática. O cultivar BRS Zuri destaca-se pelo elevado potencial produtivo, porte alto, folhas longas e boa digestibilidade, sendo amplamente utilizado em sistemas intensivos de produção animal (Marafon *et al.*, 2024).

Entretanto, a expressão do seu potencial produtivo, está diretamente relacionada à qualidade do solo cultivado e à disponibilidade hídrica (Rocha *et al.*, 2022). Estudos indicam que a aplicação de fertilizantes silicatados pode favorecer a retenção de água nos tecidos vegetais e a eficiência fotossintética, contribuindo para maior tolerância das plantas ao déficit hídrico (Buchelt *et al.*, 2020; Clemente *et al.*, 2021).

Além dos efeitos estruturais e fisiológicos, o Si pode influenciar o equilíbrio metabólico das plantas, especialmente nas relações estequiométricas entre carbono (C) e nitrogênio (N). A melhoria desse equilíbrio resulta em maior eficiência no uso do C assimilado, promovendo maior conversão em biomassa vegetal, mesmo sob condições de limitação hídrica (Costa *et al.*, 2024).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar os efeitos da aplicação de corretivos de acidez (silicato e calcário), associados a dois níveis de disponibilidade hídrica (DH), sobre o desenvolvimento, a produção de massa seca, o teor de silício foliar e os atributos químicos do solo cultivado com *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar a concentração de silício foliar em plantas de *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri no primeiro e no terceiro cortes.
- Avaliar a produção de massa seca da parte aérea e do sistema radicular sob diferentes corretivos de acidez e níveis de DH.
- Quantificar o teor de silício disponível no solo após o terceiro corte, em função dos tratamentos aplicados.

3 HIPOTESE

Os silicatos vêm sendo estudados como uma alternativa promissora, uma vez que atuam simultaneamente como corretivo de acidez e fonte de silício (Si), contribuindo para a melhoria dos atributos químicas do solo e para a mitigação dos efeitos do déficit hídrico.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 *Megathyrsus Maximus* cv. BRS Zuri: Importância e Potencial na Diversificação de Pastagens

A espécie *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri destaca-se como uma das gramíneas forrageiras mais cultivadas no Brasil, em razão de sua elevada produção de massa seca e aceitabilidade pelos ruminantes (Buchelt *et al.*, 2020). O desempenho produtivo dessa espécie está diretamente relacionado ao manejo do solo e à disponibilidade hídrica (DH), fatores determinantes para o crescimento vegetal e a persistência das pastagens (Clemente *et al.*, 2021).

O cultivar BRS Zuri, desenvolvido pela Embrapa Gado de Corte, apresenta elevado potencial para sistemas pecuários intensivos, em razão do crescimento vigoroso, alta capacidade de rebrotação, elevado perfilhamento e resposta eficiente ao manejo nutricional, favorecendo sua utilização em sistemas de pastejo rotacionado e em arranjos produtivos diversificados, nos quais a ciclagem de nutrientes, especialmente do N, é aprimorada, resultando em maior eficiência e sustentabilidade do sistema (Buchelt *et al.*, 2020; Cordeiro *et al.*, 2022).

Além do manejo integrado, evidencia-se que o BRS Zuri apresenta elevada responsividade a práticas que promovem a melhoria das condições químicas do solo (Moretti *et al.*, 2021). A utilização de corretivos à base de silicatos de cálcio e magnésio tem sido associada à expansão do sistema radicular, ao incremento da absorção de nutrientes essenciais e à melhoria da disponibilidade de água no solo, aspectos diretamente relacionados à adaptação da planta a ambientes com variação no suprimento hídrico (Buchelt *et al.*, 2023).

Pesquisas envolvendo o fornecimento de Si, especialmente por meio da fertirrigação, demonstram efeitos positivos sobre o funcionamento fisiológico de *Megathyrsus maximus* cv. Massai e cv. BRS Zuri (Melo *et al.*, 2025). Observa-se a modulação da homeostase entre C, N e Si, associada ao aumento da eficiência fotossintética, ao melhor controle das trocas gasosas e à manutenção do estado hídrico celular, refletindo em maior acúmulo de biomassa sob condições de restrição hídrica (Rocha *et al.*, 2022).

Segundo Melo *et al.* (2025), com adubação adequada, observou-se a redução dos teores de N e C e maior acúmulo de Si, indicando substituição parcial do C

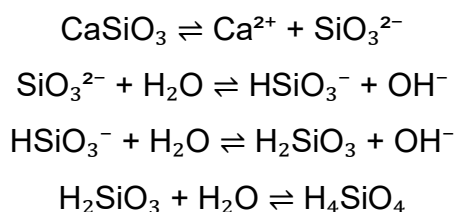
estrutural e maior eficiência no uso do C assimilado pelo capim BRS Zuri em solos tropicais. Em condição de excesso de N, o Si regulou o acúmulo foliar desse nutriente, favorecendo o equilíbrio nutricional, a persistência das folhas, a redução da lignificação dos tecidos foliares e a preservação da digestibilidade da forragem, resultando em ganhos produtivos e qualitativos da biomassa vegetal (Buchelt *et al.*, 2023).

Assim, o emprego de *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri, aliado a práticas de manejo da fertilidade do solo que incluam fontes silicatadas, configura-se como alternativa eficiente para a intensificação racional da produção de forrageiras em sistemas de pastagem diversificados, combinando desempenho produtivo, resiliência fisiológica e eficiência no uso dos recursos naturais (Melo *et al.*, 2025).

4.2 Respostas de Culturas Agrícolas à Aplicação de Silicatos

Os silicatos de Ca e Mg são classificados como corretivos da acidez do solo, pois sua dissolução promove reações químicas que resultam na elevação do pH e na neutralização do alumínio tóxico presente na solução do solo. Esse processo ocorre em função da liberação de ânions silicato, os quais reagem com a água, formando hidroxilas (OH^-) responsáveis pela neutralização dos íons hidrogênio (H^+) e alumínio (Al^{3+}), criando condições químicas mais favoráveis ao crescimento e aprofundamento do sistema radicular das plantas (Korndörfer *et al.*, 2004).

De forma simplificada, a ação corretiva dos silicatos de cálcio e magnésio pode ser representada pelas seguintes reações químicas:



A formação das hidroxilas (OH^-) é responsável pela neutralização da acidez, enquanto o ácido monossilícico (H_4SiO_4), produto dessas reações, constitui a principal forma de Si absorvida pelas plantas. Esse elemento tende a se acumular nos tecidos vegetais com elevada taxa de transpiração, exercendo papel estrutural e fisiológico associado à redução de estresses bióticos e abióticos, ao reforço das paredes celulares e à melhoria do equilíbrio hídrico das plantas (Costa *et al.*, 2024).

Em sistemas forrageiros, a aplicação de silicatos associada a corretivos tradicionais e condicionadores do solo, como o gesso agrícola, tem demonstrado resultados agronômicos consistentes. Em capim Mombaça, a aplicação conjunta de silicato de Ca e Mg com gesso promoveu aumento da disponibilidade de Ca, Mg, N e P na biomassa vegetal, além da neutralização do alumínio em camadas mais profundas do solo, favorecendo o desenvolvimento radicular e o acúmulo de massa seca (Aguiar *et al.*, 2021).

Resultados semelhantes têm sido observados em outras gramíneas forrageiras. O fornecimento de Si atenuou deficiências nutricionais de potássio (K), Ca e Mg em cultivares como BRS Zuri e BRS RB331 Ipyporã, resultando em aumento significativo da massa seca acumulada, sobretudo quando o elemento foi disponibilizado via solução nutritiva, evidenciando seu potencial como estratégia complementar no manejo nutricional de gramíneas da família Poaceae (Buchelt *et al.*, 2023).

Além das respostas observadas em forrageiras tropicais, evidências consistentes do efeito mitigador do Si sobre o estresse hídrico são relatadas em gramíneas C4 de elevado metabolismo fotossintético, como a cana-de-açúcar (Camargo *et al.*, 2017). A adubação silicatada proporcionou maior recuperação da biomassa, do rendimento de colmos e da produção de açúcar sob déficit hídrico, com respostas tanto em cultivares tolerantes quanto sensíveis à seca (Camargo *et al.*, 2019).

Em genótipos sensíveis de cana-de-açúcar sob déficit hídrico, a aplicação de Si foi capaz de equiparar a produção de massa seca observada em plantas irrigadas (Bezerra *et al.*, 2019). Estudos subsequentes indicaram que o Si aumentou os teores de clorofila e carotenoides, elevou o teor relativo de água e reduziu o extravasamento de eletrólitos, favorecendo a integridade celular e a manutenção da fotossíntese sob estresse hídrico (Teixeira *et al.*, 2020). Esses resultados reforçam que os mecanismos fisiológicos induzidos pelo Si são conservados entre gramíneas C4, sustentando sua aplicação potencial em forrageiras tropicais, como *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri.

A eficácia do Si também tem sido amplamente documentada em outras culturas submetidas a diferentes DH. Em *Urochloa brizantha* cv. Marandu, fontes de agrossilício mostraram-se mais eficientes que o calcário mineral na melhoria dos

atributos químicos do solo e na promoção do crescimento vegetal sob diferentes regimes de irrigação (Clemente *et al.*, 2021).

Em culturas como cana-de-açúcar, alface e trigo, a aplicação de Si contribuiu para o aumento da eficiência do uso da água, a manutenção da fotossíntese e o incremento da produção de biomassa em condições de déficit hídrico, reforçando seu papel como ferramenta agronômica sustentável frente aos cenários de mudanças climáticas (Camargo *et al.*, 2022; Johnson *et al.*, 2022; Vila *et al.*, 2024).

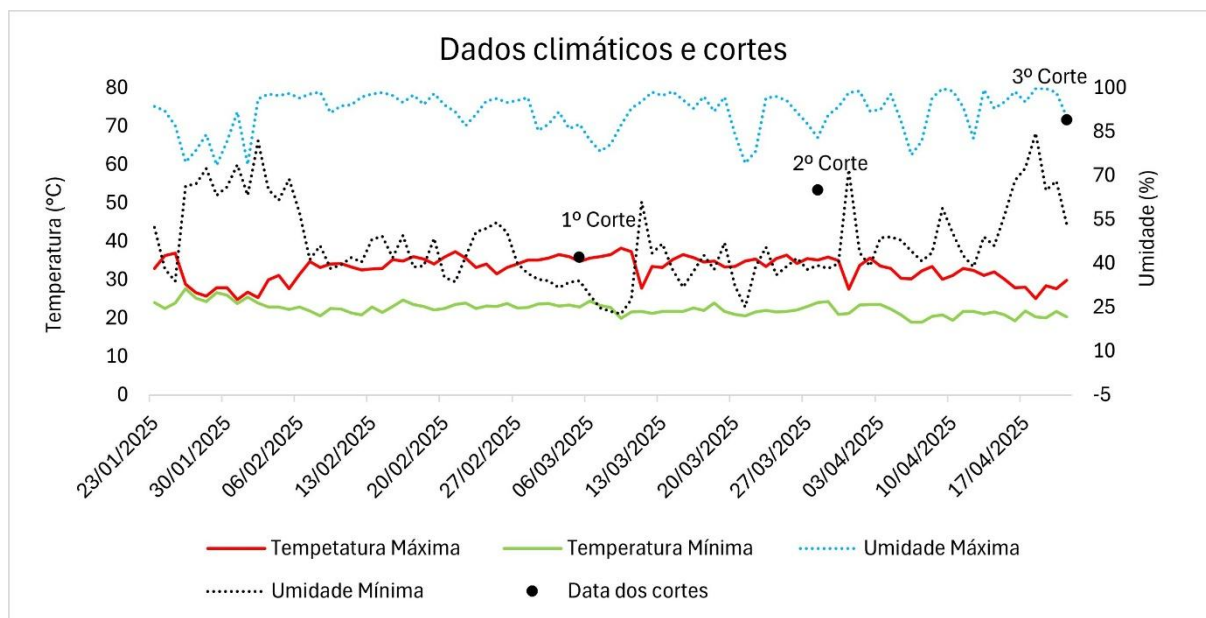
5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Local do Experimento e Espécie Forrageira

O experimento foi realizado no período de janeiro a abril de 2025, em casa de vegetação na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT), no Câmpus de Dracena – SP, UNESP, localizada a 421 m de altitude, latitude 21°29'0" S e longitude 51°32'1" W. O clima da região é definido como Aw, segundo a classificação de Köppen (Alvares *et al.*, 2013). A espécie forrageira utilizada foi *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri, caracterizada por folhas alongadas, colmos eretos e elevado perfilhamento.

Durante o período experimental (23/01/2025 a 21/04/2025), foram registradas diariamente a temperatura e a umidade, por meio da estação meteorológica da UNESP – Dracena, conforme apresentado na Figura 1. Esses dados foram utilizados para caracterizar as condições climáticas externas durante a condução do experimento.

Figura 1 – Temperatura, umidade e cortes do capim *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri



Fonte: Estação Meteorológica da UNESP – Dracena, SP.

5.2 Coleta do Solo, Preparo e Atributos Químicos Iniciais

O solo utilizado no experimento foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos *et al.*, 2025), coletado na área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT), no Câmpus de Dracena – SP.

As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 20 cm, destorroadas, peneiradas em malha de 2 mm e secas ao ar por 10 dias. Foram realizadas análises químicas de P, K, S, Ca e Mg utilizando o método da resina trocadora de íons; o enxofre na forma de sulfato ($S-SO_4^{2-}$) foi determinado por extração com solução de fosfato de Ca; o pH foi determinado em $CaCl_2$; a matéria orgânica por colorimetria; a acidez potencial ($H + Al$) por solução tampão SMP; o alumínio trocável por extração com KCl; e os micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn por extração com DTPA (Raij *et al.*, 2001). O Si disponível foi determinado por extração com $CaCl_2$ 0,01 mol L^{-1} (Pereira *et al.*, 2020). Os valores obtidos encontram-se descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise química inicial do solo

pH	M.O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
CaCl ₂	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----							%	
4,7	9,6	4,3	1,7	8,5	1,7	1	21	12	33	36	8
Cu	Fe	Mn	S	Zn	Si	Areia		Argila		Silte	
----- mg dm ⁻³ -----						-----%-----					
1.1	15.1	16.6	2.3	0.6	1.2	88		9		3	

Si disponível determinado em $CaCl_2$ 0,01 mol L^{-1} (Pereira *et al.*, 2020). Granulometria conforme Teixeira *et al.* (2017). Demais atributos químicos segundo Raij *et al.* (2001). Fonte: Elaborada pela autora.

5.3 Delineamento Experimental e Tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 2×3 , composto por dois níveis de disponibilidade hídrica do solo e três condições de correção da acidez, totalizando 24 unidades experimentais. Os níveis de disponibilidade hídrica corresponderam a 50% e 80% da umidade do solo na capacidade de campo (CC). As condições de correção

da acidez foram: aplicação de silicato de Ca e Mg, aplicação de calcário e ausência de correção (controle).

As disponibilidades hídricas de 50% e 80% da CC foram adotadas com o objetivo de simular, respectivamente, uma condição de estresse hídrico moderado e outra próxima ao ideal (irrigação plena) para o crescimento do *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri. A escolha desses níveis baseou-se em estudos que evidenciam a elevada sensibilidade da espécie às variações na disponibilidade de água no solo, com reflexos diretos no crescimento vegetativo e na produção de biomassa (Buchelt *et al.*, 2020).

A utilização do silicato de Ca e Mg e do calcário como corretivos fundamentou-se na comprovada eficiência desses materiais em elevar o pH, neutralizar o alumínio tóxico e fornecer Ca e Mg ao solo, sendo o silicato também fonte de silício, elemento benéfico às gramíneas (Moretti *et al.*, 2021).

A necessidade de correção da acidez foi estimada pelo método de saturação por bases, visando elevar a saturação para 70%, conforme recomendações para gramíneas forrageiras de maior exigência nutricional e necessidade de calagem, considerando-se os dados da análise química do solo (Cantarella *et al.*, 2022). A correção foi realizada apenas nos tratamentos correspondentes, mantendo-se o tratamento controle sem aplicação de corretivos.

O solo utilizado foi acondicionado em vasos de polipropileno de cor preta, com capacidade de 4 dm³; Antes da semeadura do *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri, foi realizada a aplicação dos corretivos (silicato de Ca e Mg e calcário) na dose de 2,6 g por vaso, equivalente a 1,3 t ha⁻¹. Para garantir a oferta equivalente de Ca e Mg nos tratamentos com calcário e silicato, realizou-se suplementação com CaCl₂ e MgCl₂ de forma a isolar o efeito do silício nos tratamentos que receberam silicato (Tabela 2).

Tabela 2 - Composição química dos corretivos, contendo os teores de óxido de cálcio (CaO), óxido de magnésio (MgO), dióxido de silício (SiO₂), poder relativo de neutralização total (PRNT) e dose aplicada dos corretivos

Corretivo	CaO	MgO	SiO ₂	PRNT
	%			
Silicato de Ca e Mg	34,9	9,9	22,5	85
Calcário	45,0	4,9	-	83
	Dose aplicada kg ha ⁻¹			
Silicato de Ca e Mg	461	131	297	-
Calcário	594	65	-	-

Fonte: Elaborada pela autora.

Após a aplicação dos corretivos, o solo foi incubado por 60 dias, mantendo-se a umidade em aproximadamente 80% da CC, por meio da pesagem diária dos vasos. Esse período de incubação teve como objetivo favorecer a dissolução dos materiais corretivos, promover a reação no solo e assegurar a estabilização dos atributos químicos antes da instalação da cultura.

5.4 Implantação e Condução da Cultura

A semeadura do *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri foi realizada inicialmente com a distribuição uniforme de 15 sementes por vaso sobre a superfície do solo, as quais foram cobertas com uma camada de aproximadamente 0,5 cm de solo. Aos 10 dias após a semeadura, foram adicionadas mais sete sementes por vaso. Dez dias após essa segunda semeadura, realizou-se o desbaste, mantendo-se quatro plantas uniformes por vaso.

A adubação mineral foi aplicada de forma uniforme em todos os tratamentos. Foram fornecidos 300 mg dm⁻³ de N e 150 mg dm⁻³ de K, divididos em duas parcelas: a primeira no momento da semeadura e a segunda no replantio, 10 dias após a emergência das plântulas. Também foram aplicados 200 mg dm⁻³ de P na semeadura, além de micronutrientes (B, Cu, Mn e Zn), conforme descrito na Tabela 3. Após cada corte da forrageira, procedeu-se à reaplicação de N e K nas mesmas doses inicialmente utilizadas.

Tabela 3 - Doses de nutrientes aplicados no experimento, indicando os elementos fornecidos, suas respectivas fontes químicas, as doses utilizadas

Nutrientes	Fonte	Dose do nutriente (mg dm ⁻³)	Quantidade da fonte (g L ⁻¹)
N	CO(NH ₂) ₂	300	0,642
P	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ H ₂ O	200	0,813
K	K ₂ SO ₄	150	0,335
B	H ₃ BO ₃	0,5	0,003
Cu	CuSO ₄ .5H ₂ O	1	0,395
Mn	MnSO ₄ .H ₂ O	5	0,015
Zn	ZnSO ₄ .7H ₂ O	3	0,013

Fonte: Elaborada pela autora.

A umidade do solo foi mantida em 80% da CC até 24 dias após a semeadura, quando os tratamentos hídricos foram iniciados. A partir desse momento, a umidade foi mantida em 50% ou 80% da CC por 15 dias. Em seguida, durante 3 dias, a umidade foi reajustada para 80% da CC antes da realização do 1º corte, visando proporcionar recuperação parcial das plantas. Após o corte, a umidade foi mantida em 80% da CC por 5 dias, sendo novamente impostos os tratamentos hídricos (50% e 80% da CC) por mais 15 dias e reajustada para 80% da CC por 3 dias, quando se realizou o 2º corte. O mesmo procedimento foi adotado para o 3º corte.

O controle da umidade do solo foi realizado por meio de pesagens diárias dos vasos, permitindo a reposição precisa da lâmina de água necessária para manter os níveis de umidade estabelecidos para cada tratamento.

5.5 Cortes da Forrageira e Monitoramento

O primeiro corte do *Megathyrus maximus* cv. BRS Zuri foi realizado aos 42 dias após a semeadura. Os cortes subsequentes ocorreram em intervalos aproximados de 25 dias, sendo precedidos por períodos de 15 dias de imposição dos tratamentos de disponibilidade hídrica (50% e 80% da CC). Todos os cortes foram efetuados manualmente, a uma altura de 10 cm acima da superfície do solo.

5.6 Parâmetros Avaliados na Pastagem

5.6.1 Produção de massa seca da parte aérea

A produção de massa seca da parte aérea foi avaliada nos três cortes. O material colhido foi acondicionado em sacos de papel e seco em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até atingir massa constante (Silva *et al.*, 2002). A pesagem foi efetuada em balança analítica, e os resultados foram expressos em gramas por vaso (g vaso^{-1}).

5.6.2 Altura de plantas e perfilhamento

Antes de cada corte, a altura das plantas foi determinada com auxílio de trena milimétrica, medindo-se da superfície do solo até a folha decumbente do ápice. A

contagem de perfilhos foi realizada considerando apenas os perfilhos viáveis, utilizados como indicadores do potencial de rebrota e da capacidade produtiva da pastagem.

5.6.3 Índice de clorofila foliar

O índice de clorofila foliar foi determinado indiretamente por meio de medições realizadas com o clorofilômetro portátil SPAD-502 (Minolta®). Para cada unidade experimental, foram efetuadas dez leituras no terço médio da primeira folha completamente expandida, por apresentar maior estabilidade nos valores de clorofila e garantir representatividade (Buchelt *et al.*, 2023). As medições foram realizadas antes de cada corte, sempre no período da manhã, a fim de minimizar variações decorrentes da luminosidade.

5.6.4 Concentração de silício na parte aérea

A concentração de Si nos tecidos da parte aérea foi determinada nas amostras de massa seca obtidas no primeiro e no terceiro cortes. O teor de Si foi quantificado por meio de digestão alcalina com NaOH 0,1 mol L⁻¹, seguida de análise colorimétrica em espectrofotômetro a 410 nm, conforme metodologia descrita por Pereira *et al.* (2020).

5.6.5 Massa seca de raiz e resíduo

A massa seca radicular foi determinada após o terceiro corte. As raízes foram cuidadosamente separadas do solo por meio de lavagem em água corrente, utilizando peneira fina para evitar perdas, e posteriormente secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas, até atingirem massa constante. A pesagem foi realizada em balança analítica, e os resultados foram expressos em gramas por vaso (g vaso⁻¹).

Após a separação do sistema radicular, a fração remanescente da parte aérea (resíduo) foi coletada, lavada para remoção de impurezas e acondicionada em sacos de papel. Em seguida, as amostras foram secas em estufa de circulação forçada de

ar a 65 °C até atingirem massa constante. A massa seca do resíduo foi determinada por pesagem em balança analítica, e os resultados foram expressos em g vaso⁻¹.

5.7 Atributos Químicos do Solo ao Final do Experimento

5.7.1 Teor de silício disponível no solo

Após o terceiro corte, foram coletadas amostras de solo para determinação do teor de Si disponível, utilizando-se solução extratora de cloreto de cálcio 0,01 mol L⁻¹, seguida de leitura colorimétrica em espectrofotômetro a 660 nm, conforme metodologia descrita por Pereira *et al.* (2020).

5.7.2 Determinação do pH no solo

Ao término do período experimental, o solo contido nos vasos foi coletado para análise. Todo o volume de solo de cada vaso foi homogeneizado, e uma amostra representativa foi retirada, seca ao ar e peneirada em malha de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar. O pH foi determinado em solução de CaCl₂, conforme metodologia descrita por Raij *et al.* (2001).

5.8 Análises Estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) em delineamento em blocos casualizados, seguindo esquema fatorial 2 × 3, considerando nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$). Foram avaliados os efeitos principais e a interação entre os fatores disponibilidade hídrica e corretivos de acidez. Quando identificada significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

As análises estatísticas foram realizadas no software R (R Core Team, 2025), utilizando o pacote ExpDes.pt para a condução da ANOVA e do teste de Tukey, e os pacotes ggplot2 e flextable para a construção dos gráficos e tabelas.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Produção de Massa Seca da Parte Aérea

A produção de massa seca da parte aérea foi influenciada pelos fatores disponibilidade hídrica (DH) e corretivos de acidez, sendo a interação significativa no 1º e 3º corte, bem como na produção total de massa seca (Tabela 4).

No 1º corte, observou-se que, sob 80% da capacidade de campo (CC), o silicato e o tratamento controle, apresentaram as maiores produções de massa seca, seguidos pelo calcário. Em condições de 50% da CC, a produção de massa seca foi reduzida em comparação à irrigação plena. Entre os corretivos, o calcário resultou na maior produção, seguido pelo silicato, enquanto o controle apresentou o menor valor (Tabela 4).

Essa redução sob menor DH possivelmente está relacionada à menor dissolução e reatividade do silicato, cujo efeito tende a ser mais evidente sob maior umidade do solo, condição em que a liberação de Si e a correção da acidez ocorrem de forma mais eficiente como salientado por Rocha *et al.* (2022).

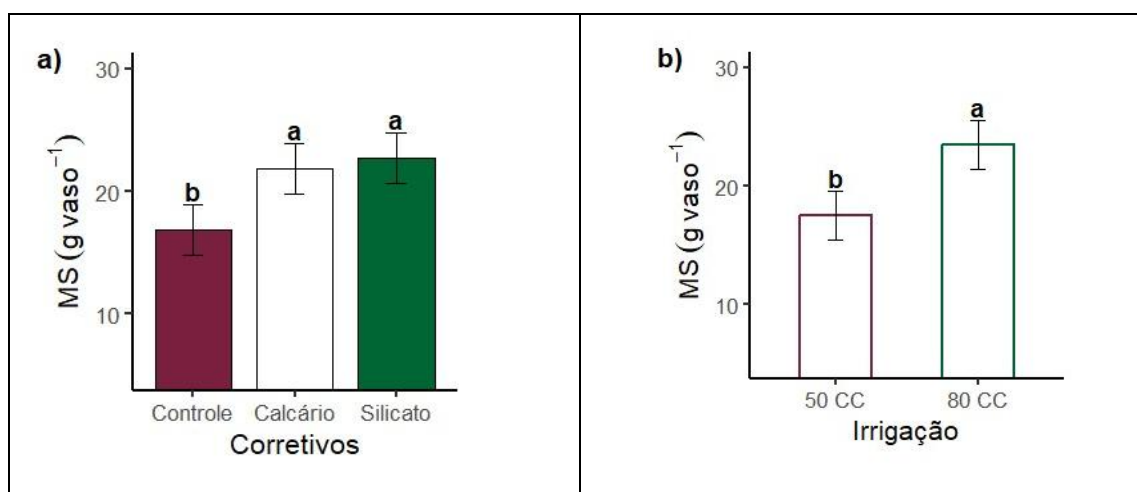
Tabela 4 – Produção de massa seca total, 1º e 3º cortes da parte aérea do capim BRS Zuri em função da aplicação de corretivos do solo e disponibilidade hídrica

Corretivo	Produção de massa seca (g vaso ⁻¹)		Média
	50% CC	80% CC	
1º Corte			
Controle	16,5 Cb	27,7 Aa	22,1
Calcário	23,6 Ab	25,8 Ba	24,7
Silicato	21,4 Bb	28,5 Aa	24,9
Média	20,5	27,3	
CV = 3,96%	Corretivo x disponibilidade hídrica = <0,001		
3º Corte			
Controle	11,9 Bb	14,1 Aa	13,0
Calcário	17,7 Aa	15,3 Ab	16,5
Silicato	17,6 Aa	14,4 Ab	16,0
Média	15,7	14,6	
CV = 8,32%	Corretivo x disponibilidade hídrica = <0,001		
Massa seca total			
Controle	42,8 Bb	61,2 Ba	51,9
Calcário	60,4 Ab	65,7 Aa	63,1
Silicato	57,9 Ab	69,3 Aa	63,6
Média	53,7	65,4	
CV = 4,3%	Corretivo x disponibilidade hídrica = <0,001		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CC: capacidade de campo do solo. CV: coeficiente de variação. Fonte: Elaborada pela autora.

No 2º corte, a interação não foi significativa, apresentando efeito isolado nos dois fatores na produção de massa seca, a presença dos corretivos superiores em relação ao controle (Figura 2a) e a disponibilidade hídrica de 80% CC mais produtiva em relação a 50% CC (Figura 2b),

Figura 2 - Produção de massa seca de capim BRS Zuri no 2º corte em função dos corretivos (a) e da disponibilidade hídrica (b)



Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5%. Fonte: Elaborada pela autora.

No 3º corte, a interação entre DH e corretivos voltou a ser significativa. As menores produções foram observadas nesse corte, podendo estar relacionado ao esgotamento nutricional e fisiológico (Tabela 4). Sob 50% CC, o silicato e o calcário apresentaram a maior produção de massa seca em relação ao controle (11,9 g vaso⁻¹). Em 80% CC, os tratamentos apresentaram a mesma produção. Esses resultados indicam que os maiores efeitos foram observados na presença de calcário e silicato, concordando com Rocha, *et al.* (2022).

A massa seca total também apresentou interação significativa. Com 50% e 80% CC, silicato e calcário apresentaram produções semelhantes entre si e superiores ao controle (Tabela 4). Assim, a disponibilidade de água foi determinante para o acúmulo total de biomassa, e os corretivos aumentaram a produtividade tanto em irrigação plena (80% CC) quanto em déficit moderado (50% CC) (Tabela 4).

Em relação ao calcário, os benefícios já são amplamente conhecidos. Os resultados do silicato serem semelhantes ao calcário, pode estar relacionado ao efeito corretivo também do silicato (Melo *et al.*, 2025). Assim, a combinação entre correção da acidez e manejo hídrico adequado podem contribuir para maximizar a produção de massa seca do *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri.

6.2 Altura de Plantas e Perfilhamento

A altura das plantas variou em função da disponibilidade hídrica e, em alguns cortes, apresentando respostas distintas ao longo do experimento. No 1º corte, houve interação significativa entre os fatores (Tabela 5). Sob 50% CC, calcário e silicato proporcionaram maiores alturas (43,0 e 42,0 cm respectivamente) em comparação ao controle (37,0 cm), indicando efeito favorável da correção da acidez mesmo sob déficit moderado. Esses resultados corroboram estudos que associam o Si à maior integridade celular, retenção hídrica e estabilidade fotossintética (Rocha *et al.*, 2022; Melo *et al.*, 2025). Em 80% da CC não foi observada diferença entre a presença ou ausência de calcário e silicato na correção do solo. Mas o silicato diferiu entre os níveis de umidade, demonstrando o efeito não só da água quanto da maior absorção de Si pelas plantas.

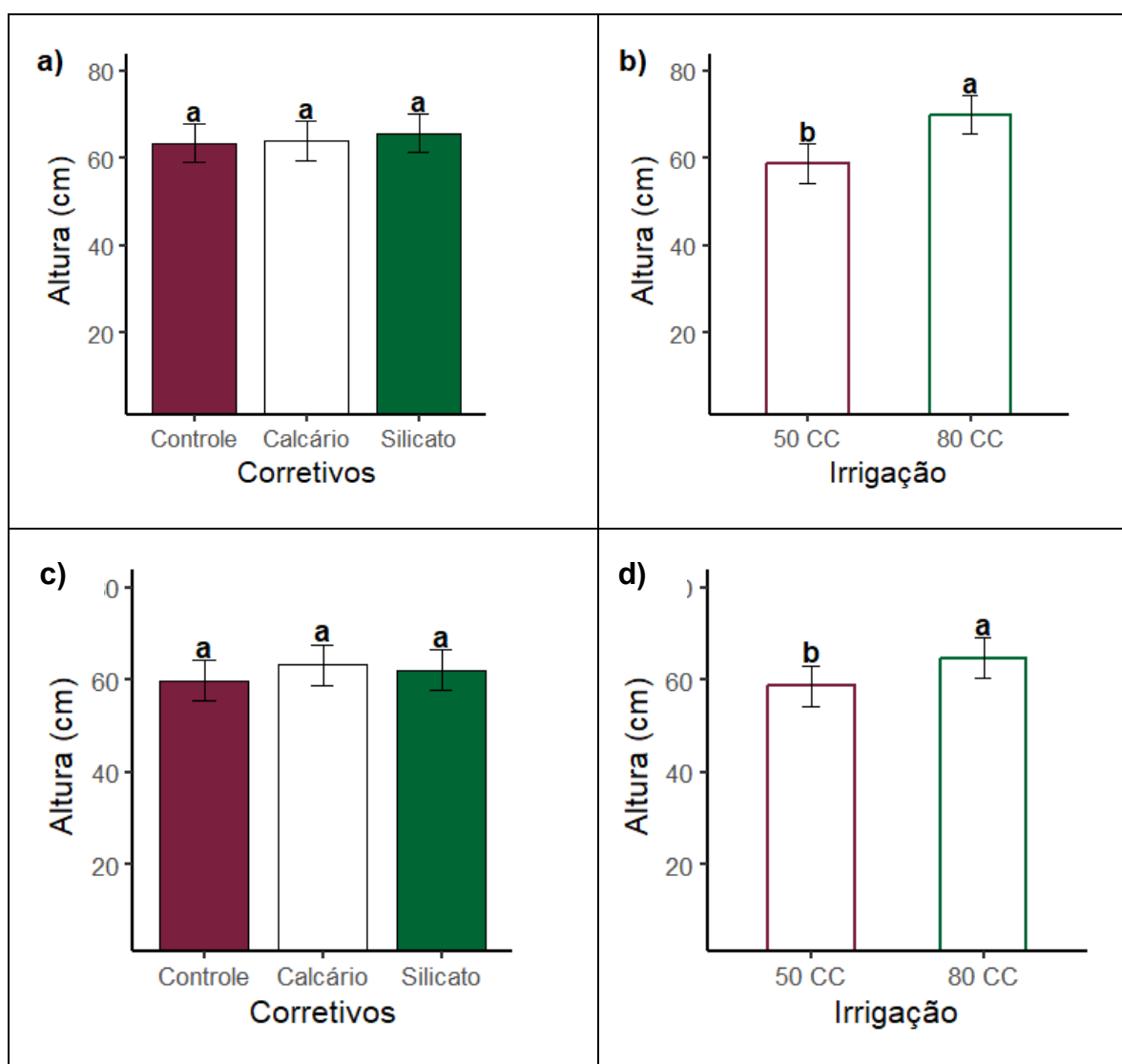
Tabela 5 - Altura média de plantas do capim BRS Zuri no 1º, 2º e 3º corte em função da aplicação de corretivos do solo e disponibilidade hídrica

Corretivo	Altura média de plantas (cm)		Média
	50% CC	80% CC	
1º Corte			
Controle	37,0 Bb	42,7 Aa	39,9
Calcário	43,0 Aa	42,0 Aa	42,5
Silicato	42,0 Ab	46,3 Aa	44,1
Média	40,7	43,7	
CV = 5,88%	Corretivo x disponibilidade hídrica = 0,038		
2º Corte			
Controle	58,3 b	68,7 a	63,5
Calcário	59,3 b	68,7 a	64,0
Silicato	59,0 b	72,5 a	65,8
Média	58,9	70,0	
3º Corte			
Controle	54,5 a	65,3 a	59,9
Calcário	61,0 b	65,5 a	64,8
Silicato	60,5 a	63,8 a	62,2
Média	58,7	64,9	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CC: capacidade de campo do solo. CV: Coeficiente de variação. Fonte: Elaborada pela autora.

No 2º e 3º corte, as alturas não tiveram interação entre disponibilidade hídrica e corretivos. Não foi verificado efeito com a aplicação dos corretivos (Figura 3a e 3c) enquanto na disponibilidade hídrica os melhores resultados foram observados com 80% CC (Figura 3b e 3d), evidenciando que a forrageira é sensível à redução de umidade do solo, limitando o crescimento vegetativo, independente da presença ou ausência de corretivos do solo como verificado por Mastalerczuk *et al.* (2023) em gramíneas (.

Figura 3 - Altura média de plantas do capim BRS Zuri no 2º corte (a, b) e no 3º corte (c, d) em função dos corretivos e da disponibilidade hídrica



Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5%. Fonte: Elaborada pela autora.

O papel do silício sob estresse hídrico pode estar mais associado à manutenção do teor relativo de água, à integridade das membranas e à redução de

danos oxidativos do que ao aumento direto da altura das plantas (Camargo *et al.*, 2019).

Quanto ao perfilhamento, não foi observado efeito dos corretivos nos três cortes do capim BRS Zuri (Figuras 4a, 4c e 4e), discordando da literatura que o Si pode contribuir para manutenção da atividade fotossintética e estímulo à emissão de novos perfilhos em sucessivos ciclos de rebrota (Camargo *et al.*, 2022).

Na disponibilidade hídrica foi verificado efeito superior nos 1º e 2º cortes com 50% CC, enquanto no 3º não apresentou diferença (Figuras 3b, 3d e 3f). O maior perfilhamento nos dois primeiros cortes com 50% CC pode ser uma resposta fisiológica da planta ao estresse, que limita o crescimento vegetativo com a menor produção de biomassa (Tabela 4 e Figura 2), buscando aumentar o perfilhamento como relatado por Rocha *et al.* (2022). No terceiro corte já não foi verificado o efeito da umidade do solo, pois a plantas já estava em condições de degradação pelos cortes sucessivos e o ambiente limitado de crescimento nas condições de vaso.

Esses resultados sugerem que, nessa fase, o perfilhamento dependeu mais das condições hídricas e recuperação fisiológica da planta do que da ação isolada dos corretivos (Johnson, *et al.*, (2022).

6.3 Índice de Clorofila Foliar

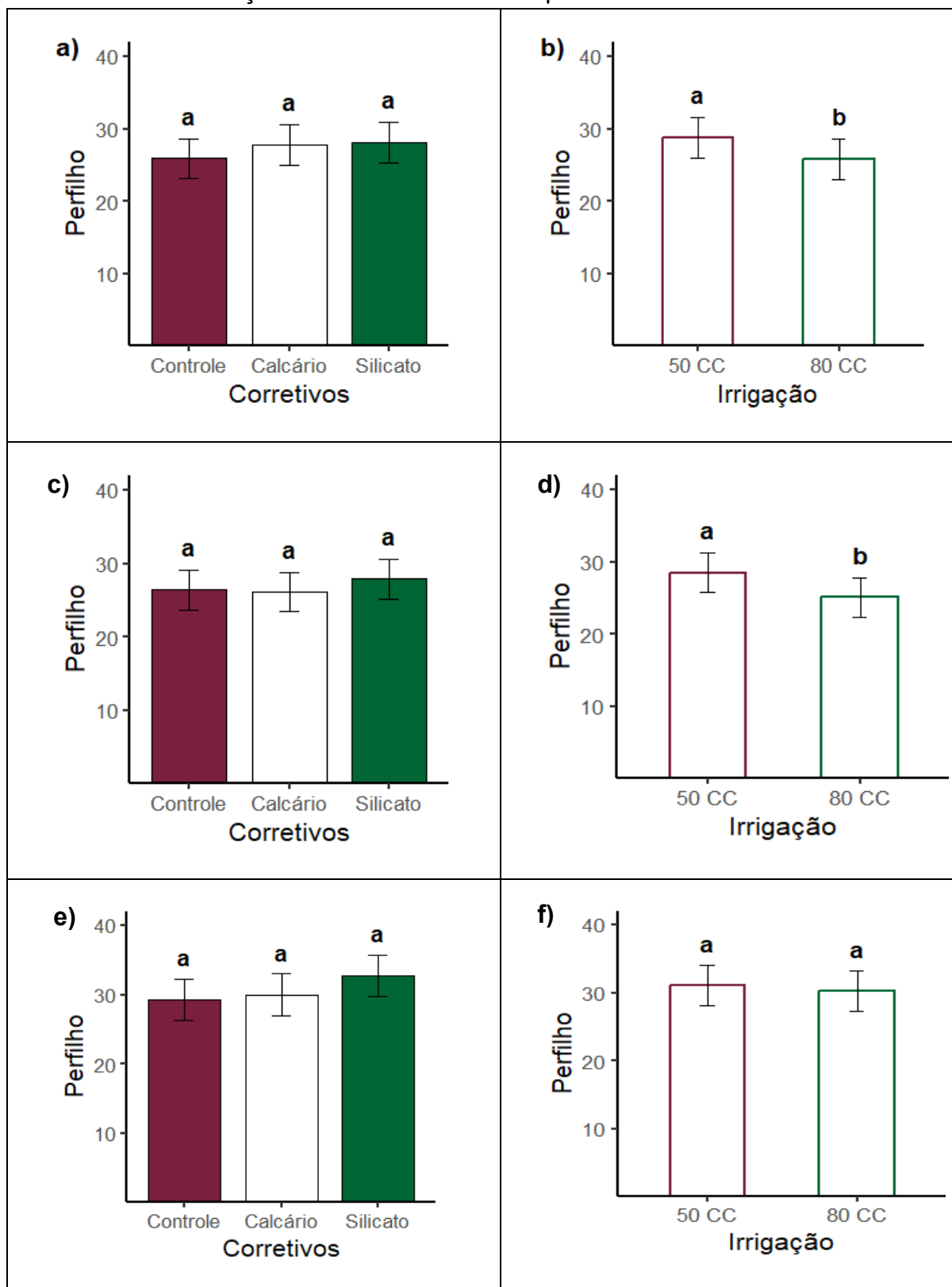
No 1º e 2º cortes, o índice de clorofila não apresentou diferenças significativas entre corretivos e disponibilidade hídrica atingindo valores médios de 39 e 40, respectivamente. Esse comportamento indica que, no início do ciclo, a demanda fotossintética foi suprida independentemente da correção da acidez ou da umidade do solo, possivelmente devido à menor exigência metabólica nesse estágio, como sugerido por Camargo *et al.* (2019).

No 3º corte, houve diferenciação entre corretivos e disponibilidade hídrica (Tabela 6). O controle apresentou o maior índice de clorofila (43,2), não diferindo com a presença de silicato (42,4) e superior ao verificado com aplicação de calcário (40,8). Em função da disponibilidade hídrica, verificou-se diferença somente no tratamento controle, quando com 50% CC foi maior que com 80% CC.

Os resultados sugerem que, em estágios mais avançados, o déficit hídrico moderado aumentou a concentração de clorofila no tratamento sem correção,

enquanto o silicato contribui para a estabilidade dos pigmentos e manutenção da eficiência fotossintética sob estresse, como demonstrado por Ali *et al.* (2018).

Figura 4 - Número médio de perfilhos no 1º (a, b), 2º (c, d) e 3º cortes (e, f) em função dos corretivos e da disponibilidade hídrica



Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5%. Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 6 - Índice de clorofila no 3º corte do capim BRS Zuri sob duas disponibilidades hídricas e diferentes corretivos

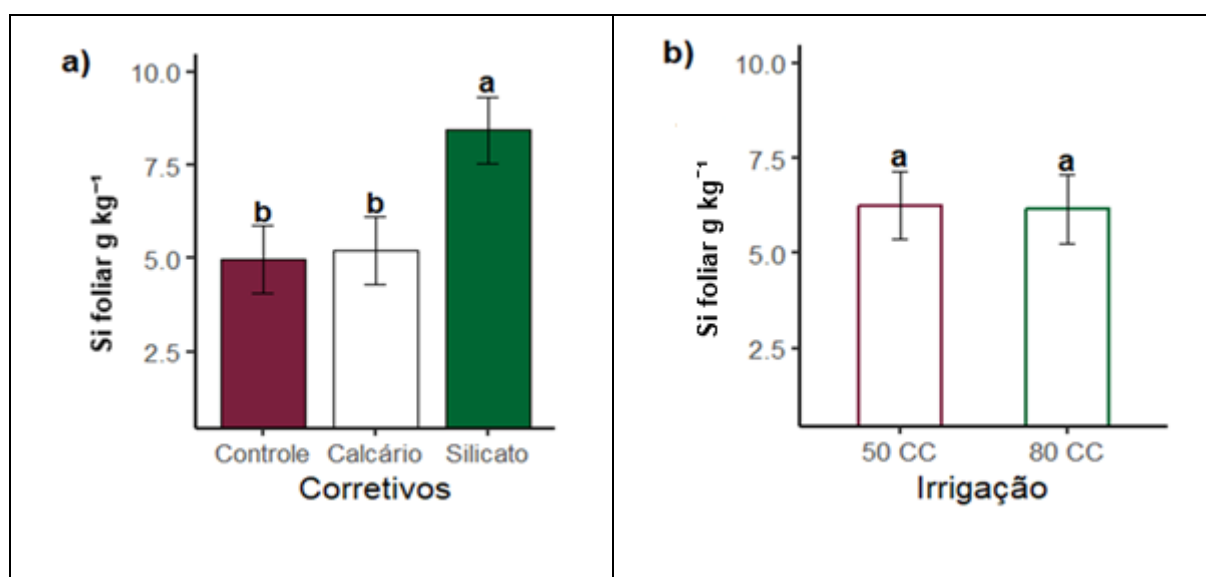
Corretivo	Índice de clorofila (SPAD)		Média
	50% CC	80% CC	
3º Corte			
Controle	44,5 Aa	40,8 Ab	43,2
Calcário	40,8 Ba	41,9 Aa	40,8
Silicato	42,7 ABa	42,1 Aa	42,4
Média	42,7	41,6	
CV = 3.97%	Corretivo x disponibilidade hídrica = 0,032		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CC: capacidade de campo do solo. CV: coeficiente de variação. Fonte: Elaborada pela autora.

6.4 Concentração de Silício na Parte Aérea

A concentração de Si na parte aérea do 1º corte, o silicato apresentou maior concentração de Si foliar ($8,9 \text{ g kg}^{-1}$) diferindo significativamente do calcário ($5,2 \text{ g kg}^{-1}$) e do controle ($5,0 \text{ g kg}^{-1}$) (Figuras 5a), enquanto a disponibilidade hídrica não apresentou diferença (Figura 5b). Esses resultados confirmam que o silicato é uma importante fonte para disponibilizar Si às plantas, reforçam que o silicato libera Si prontamente no solo, ao contrário do calcário (Aguiar *et al.*, 2021).

Figura 5 - Teor de silício foliar do capim BRS Zuri no 1º corte em função dos corretivos (a) e da disponibilidade hídrica (b)



Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5%. Fonte: Elaborada pela autora.

No 3º corte (Tabela 7), houve interação significativa entre corretivos e disponibilidade hídrica ($p < 0,001$). O silicato com 80% CC apresentou o maior acúmulo médio de Si ($11,7 \text{ g kg}^{-1}$), na comparação entre os corretivos, bem como em relação ao silicato a 50% CC. Com 50% CC não foi observado diferença entre a presença ou ausência de corretivos.

Quanto ao Si extraído por vaso seguiu a mesma tendência da concentração foliar. O silicato apresentou os maiores valores com 80% CC, atingindo $716,3 \text{ mg vaso}^{-1}$ (Tabela 7). Enquanto em 50% CC o silicato e calcário obtiveram resultados melhores em relação ao controle.

A maior extração de Si no tratamento com silicato, especialmente sob 80% da capacidade de campo, está associada à maior solubilidade e liberação de silício dessas fontes, o que favorece sua absorção pelas plantas, conforme relatado por Aguiar *et al.* (2021) e Clemente *et al.* (2021). Em gramíneas tropicais, Rocha *et al.* (2022) destacam que a absorção de Si tende a acompanhar a oferta do elemento no solo, mesmo sob moderado déficit hídrico, justificando o bom desempenho também em 50% CC.

Tabela 7 - Concentração de silício foliar no 3º corte e silício extraído do capim BRS Zuri em função de corretivos de acidez do solo e disponibilidade hídrica

Corretivo	Silício foliar (g kg ⁻¹)		Média
	50% CC	80% CC	
3º Corte			
Controle	8,7 Aa	9,4 Ba	9,0
Calcário	9,3 Aa	7,5 Cb	8,4
Silicato	8,5 Ab	11,7 Aa	10,1
Média	8,8	9,5	
CV = 5,71%	Corretivo x disponibilidade hídrica = <0,001		
Si extraído (mg vaso ⁻¹)			
Controle	295,7 Bb	433,1 Ba	346,4
Calcário	455,5 Aa	402,5 Ba	428,9
Silicato	476,4 Ab	716,3 Aa	596,3
Média	409,2	517,2	
CV = 8,03%	Corretivo x disponibilidade hídrica = <0,001		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CC: capacidade de campo do solo. CV: coeficiente de variação. Fonte: Elaborada pela autora.

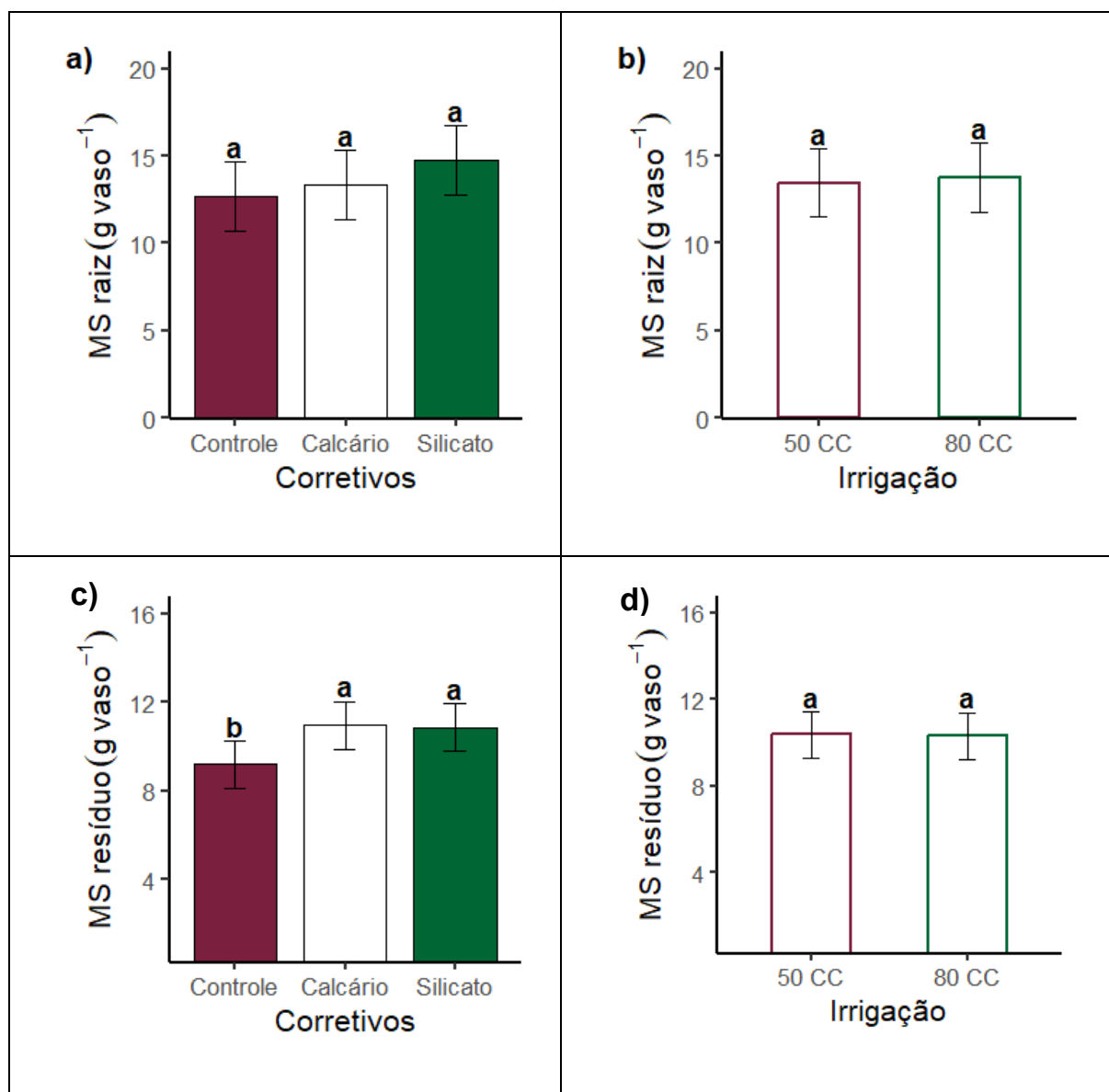
6.5 Massa Seca de Raiz e Resíduo

A massa seca de raízes do *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri não apresentou diferenças significativas entre corretivos ou níveis de disponibilidade hídrica (Figuras 6a e 6b). O comportamento uniforme indica estabilidade do sistema radicular frente aos tratamentos, sugerindo que a fase de crescimento avaliada não foi sensível às alterações químicas promovidas pelos corretivos. Estudos anteriores relatam resposta radicular tardia ao Si ou apenas sob estresse severo, o que pode explicar a ausência de variação observada (Ryalls *et al.*, 2018)

Para a massa seca do resíduo, houve efeito significativo dos corretivos, sem influência da disponibilidade hídrica e sem interação entre os fatores (Figuras 6c e 6d). Os tratamentos com corretivos apresentaram maior acúmulo de biomassa residual em comparação ao controle, indicando que a correção da acidez favoreceu o desenvolvimento da fração acima da raiz (Leite *et al.*, 2020) .

A ausência de resposta à umidade sugere que o resíduo é mais sensível às condições químicas do solo do que ao regime hídrico. Esse comportamento está alinhado com evidências de que o silício atua principalmente na estabilidade estrutural e no desempenho fotossintético da parte aérea, enquanto as respostas radiculares tendem a ocorrer apenas sob estresse mais severo, sendo pouco expressivas em condições moderadas (Mastalerczuk *et al.*, 2023).

Figura 6 - Produção de massa seca de raízes (a, b) e de resíduo (c, d) do capim BRS Zuri, em função dos corretivos e da disponibilidade hídrica



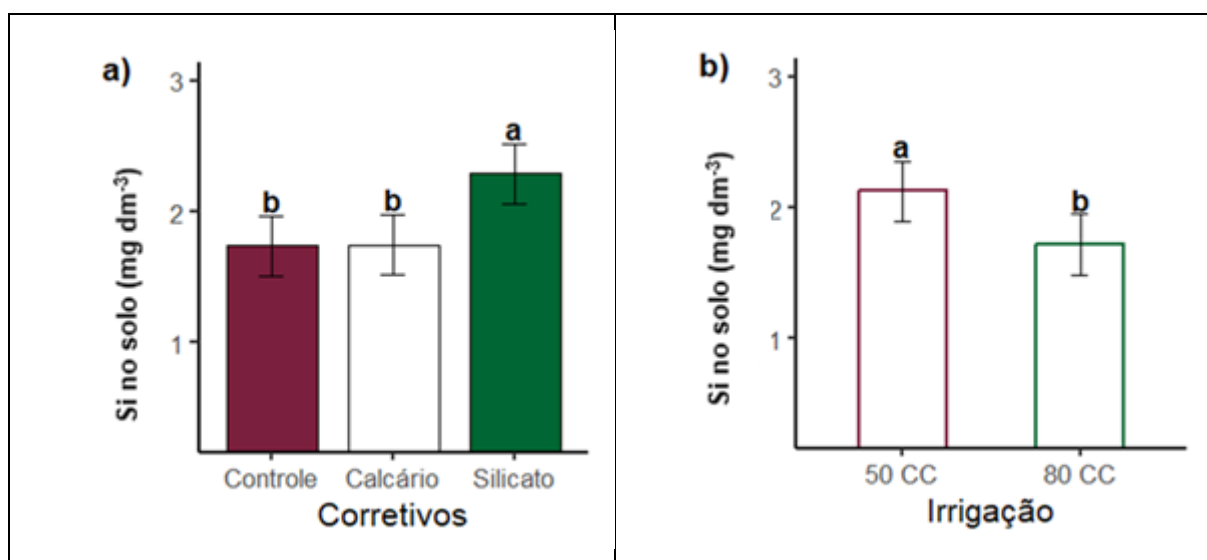
6.6 Teor de Silício Disponível no Solo

O teor de silício disponível no solo foi influenciado tanto pelos corretivos quanto pela disponibilidade hídrica, sem interação entre os fatores (Figuras 7a e 7b). A aplicação de silicato apresentou os maiores teores de Si, confirmando sua eficiência como fonte para o solo quando comparado ao calcário e ao controle. Esse padrão reforça que corretivos silicatados é uma fonte importante para elevar o Si disponível (Melo *et al.*, 2025). Os menores valores observados no tratamento com calcário

mostram que a correção da acidez com esse corretivo não aumenta o teor de Si, enquanto aplicações de silicato elevam sua disponibilidade tanto no solo quanto nos tecidos foliares, em concordância com os achados de Clemente *et al.* (2021).

A menor concentração de Si no solo sob 80% CC (Figura 7b) deve estar associada a maior extração do elemento sob essas condições, conforme pode ser observado na Tabela 7.

Figura 7 - Concentração de silício no solo em função dos corretivos (a) e da disponibilidade hídrica (b)



Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5%. Fonte: Elaborada pela autora.

6.7 Determinação do pH no Solo

O pH do solo no final do ciclo da forrageira foi influenciado pelos corretivos e disponibilidade hídrica, apresentando interação entre os fatores (Tabela 8). O silicato apresentou os maiores valores em ambas as disponibilidades hídricas, sendo semelhante ao calcário com 80% CC. Esse comportamento confirma que o silicato, além de fornecer Si, contribui de forma expressiva para a elevação do pH, corroborando com Buchelt *et al.* (2023), que destacam a sua eficiência na melhoria da fertilidade em pastagens.

No controle, a redução do pH em 80% CC pode estar associada à maior solubilização de íons ácidos sob maior umidade, conforme discutido por Silva *et al.* (2025) em estudos com materiais silicatados. Assim, a dinâmica do pH evidencia que

corretivos e água interagem para modular a acidez, reforçando o papel do silicato como alternativa eficiente na correção do solo.

Tabela 8 - Teor de pH do solo ao final do experimento, em função dos corretivos e da disponibilidade hídrica

Corretivo	pH do solo		Média
	50% CC	80% CC	
Controle	4,5 Ba	4,2 Bb	4,4
Calcário	4,4 Cb	4,5 Aa	4,5
Silicato	4,8 Aa	4,5 Ab	4,7
Média	4,6	4,4	
CV = 1,26%	Corretivo x disponibilidade hídrica = <0,001		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CC: capacidade de campo do solo. CV: coeficiente de variação. Fonte: Elaborada pela autora.

7 CONCLUSÃO

A disponibilidade hídrica foi determinante da produtividade do *Megathyrus maximus* cv. BRS Zuri, influenciando diretamente a biomassa aérea. O silicato elevou o pH e os teores de Si no solo e nas folhas, contribuindo para maior produção de massa seca, sobretudo sob maior umidade. O silicato mostrou-se eficiente na melhoria das condições químicas do solo visando correção da acidez e aumentar a disponibilidade de silício.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Impacto da Mudança Climática nos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2024. 96 p. Disponível em: [Mudancas_Climaticas_25012024.pdf](#).

AGUIAR, V. F.; SANTOS, L. L. DOS; BARROS, S. E.; CALDEIRA, Z. V.; LAFETÁ, B. O. Comparison between limestone and silicate corrective associated gypsum in the growth of a forage grass. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 52, n. 13, p. 1484-1492, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00103624.2021.1885691>. Acesso em: 24 dez. 2025.

ALI, N.; SCHWARZENBERG, A.; YVIN, J.; HOSSEINI, S. A. Regulatory role of silicon in mediating differential stress tolerance responses in two contrasting tomato genotypes under osmotic stress. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1475, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01475>. Acesso em: 17 nov. 2025.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Acesso em: 10 nov. 2025.

BEZERRA, B. K. L.; LIMA, G. P. P.; DOS REIS, A. R.; SILVA, M.; CAMARGO, M. S. Physiological and biochemical impacts of silicon against water deficit in sugarcane. **Acta Physiol. Plant.**, v. 41, p. 1–12, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11738-019-2980-0>. Acesso em: 17 nov. 2025.

BOLFE, É. L.; VICTORIA, D. D. C.; SANO, E. E.; BAYMA, G.; MASSRUHÁ, S. M. F. S.; DE OLIVEIRA, A. F. Potential for agricultural expansion in degraded pasture lands in Brazil based on geospatial databases. **Land**, v. 13, n. 2, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/land13020200>. Acesso em: 15 out. 2025.

BUCHELT, A. C.; TEIXEIRA, G. C. M.; OLIVEIRA, K. S.; ROCHA, A. M. S.; PRADO, R. DE M.; CAIONE, G. Silicon Contribution via nutrient solution in forage plants to mitigate nitrogen, potassium, calcium, magnesium, and sulfur deficiency. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 20, p. 1532-1548, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00245-7>. Acesso em: 10 out. 2025.

BUCHELT, A. C.; PRADO, R. DE M.; CAIONE, G.; ZANINE, A. DE M.; JUSTINA, S. M. D.; RIBEIRO, J. DA S.; SOUZA, A. M. DE, J.; FERREIRA, D. DE J.; SOUZA, F. C. DA S. DE *et al.* the use of soluble silicon via fertigation and leaf application in *Megathyrsus Maximum* modulates production without decreasing grass quality. **Silicon**, v. 15, p. 7553-7563, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12633-023-02602-4>. Acesso em: 10 out. 2025.

CAMARGO, M. S. de; BEZERRA, B. K. L.; VITTI, A. C.; SILVA, M. A.; OLIVEIRA, A. L. Silicon fertilization reduces the deleterious effects of water deficit in sugarcane. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 17, n. 1, p. 99-111, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.4067/S0718-95162017005000008>. Acesso em: 10 out. 2025.

CAMARGO, M. S. de; BEZERRA, B. K. L.; HOLANDA, L. A.; OLIVEIRA, A. L.; VITTI, A. C.; SILVA, M. A. Silicon Fertilization Improves Physiological Responses in Sugarcane Cultivars Grown Under Water Deficit. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 19, p. 81-92, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42729-019-0012-1>. Acesso em: 12 out. 2025.

CAMARGO, M. S.; BALTIERI, G. J.; SANTOS, H. L.; CARNIETTO, M. R. A.; REIS, A. R. DOS.; PACHECO, A. C.; SILVA, M. DE A. Silicon fertilization enhances photosynthetic activity and sugar metabolism in sugarcane cultivars under water deficit at the ripening phase. **Silicon**. v.15, p. 3021–3033, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12633-022-02236-y>. Acesso em: 13 ago. 2025.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 2022. (Boletim Técnico, 100).

CLEMENTE, E. P.; DONAGEMMA, G. K.; TEIXEIRA, P. C.; STRALIOTTO, R.; TAVARES, S. R. de L.; AUAD, A. M. **Efeitos da aplicação de silicato de cálcio magnésio sobre o crescimento, acúmulo de nutrientes, resistência ao déficit hídrico e ao ataque de cigarrinhas em pastagens**. [S.l.]: Embrapa Solos, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1138398/>. Acesso em: 12 out. 2025.

CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; RAMOS, A. K. B.; BRAGA, G. J.; MACIEL, G. A.; MARCHÃO, R. L.; ALMEIDA, R. G. de. **Estratégias para recuperação e renovação de pastagens degradadas no Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, v. 397, p. 27, 2022. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1152245/1/Doc-397-web.pdf>. Acesso em: 12 out. 2025.

COSTA, M. G.; PRADO, R. M.; PALARETTI, L. F.; JÚNIOR, J. P. S. The effect of abiotic stresses on plant C:N:P homeostasis and their mitigation by silicon, **The Crop Journal**, v.12, n.2, p. 340-353, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cj.2023.11.012>. Acesso em: 10 nov. 2025.

DIAS, M. B. F. Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens tropicais degradadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. Special Suppl, p. 535-553, 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/409785/1/Doc258.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.

JOHNSON, S.; CHEN, Z.; ROWE, R. C.; TISSUE, D. T. Field application of silicon alleviates drought stress and improves water use efficiency in wheat. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 1030620, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1030620>. Acesso em: 10 jun. 2025.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia. Instituto de Ciências Agrárias – GPSi, 2004. Disponível em: https://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/bt2_gps_i.pdf. Acesso em: 10 jun. 2025.

KUMAR, A.; CHOUDHARY, A.; KAUR, H.; SINGH, K., GUHA, S.; CHOUDHARY, D. R.; SONKAR, A.; MEHTA, S.; HUSEN, AZAMAL. Exploring the role of silicon in enhancing sustainable plant growth, defense system, environmental stress mitigation and management. **Discov Appl Sci.**, v.7, p.406, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42452-025-06866-w>. Acesso em: 10 jan. 2026.

LEITE, R. DA C; OLIVEIRA, A. K.R; SANTOS D. V; SANTOS, A. C. Calcium and magnesium silicate in the production of Mombasa grass. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 7, n. 3, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.18067/jbfs.v7i3.267>. Acesso em: 10 jun. 2025.

MARAFON, A. C.; SANTOS, M. F.; PEREIRA, K. P.; SILVA, S. E. DA.; DANTAS, C. J. DOS.; SILVA, M. C. F. DA.; PEREIRA, C. F.; SILVA, E. V. S. **Produção e qualidade bromatológica da biomassa de cultivares forrageiras na Zona da Mata de Alagoas**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2024. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 191).

MASTALERCZUK, G.; BORAWSKA-JARMUŁOWICZ, B.; DARKALT, A. Changes in the physiological and morphometric characteristics and biomass distribution of forage grasses growing under drought and silicon application. **Plants**, v. 12, p. 16, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants12010016>. Acesso em: 10 jun. 2025.

MELO, C. C. F.; AMARAL, D. S.; PRADO, R. M.; ZANINE, A. M.; FERREIRA, D. J.; DRUMOND, L. C. D. Silicon reduces nitrogen stress and improves growth and yield of forage grass under excessive fertilization in tropical soils. **Scientific Reports**, v. 15, n. 24835, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-03551-1>. Acesso em: 12 jan. 2026.

MORETTI, L. G.; CRUSCIOL, C. A. C.; BOSSOLANI, J. W.; ROSSI, R.; MOREIRA, A. Agricultural repurposing of nickel slag residue. **Journal of Plant Nutrition**, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1845385>. Acesso em: 10 jun. 2025.

OLIVEIRA, S. B. DE. F.; PRADO, R. DE M.; TEIXEIRA, G.C.M.; ROCHA, A.M.S; JUNIOR, J. P. DE S.; PICCOLO, M. DE C.; ROCHA, J. R.; Silicon attenuates the effects of water deficit in sugarcane by modifying physiological aspects and C:N:P stoichiometry and its use efficiency. **Agricultural Water Management**. v. 255, p. 107006, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107006>. Acesso em: 10 jun. 2025.

PEREIRA, H. S.; KORNDORFER, G. H. **Análise de silício no solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: [s.n.], 2020. (GPSi-ICIAG-UFU. Boletim técnico; 02).

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. 285 p.

ROCHA, J. R.; PRADO, R. M.; PICCOLO, M. C. New outcomes on how silicon enables the cultivation of *Panicum maximum* in soil with water restriction. **Scientific Reports**, v. 12, p. 1897, 2022 Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05927-z>. Acesso em: 10 jun. 2025.

RYALLS, J. M. W.; MOORE, B. D.; JOHNSON, S. N. Silicon uptake by a pasture grass experiencing simulated grazing is greatest under elevated precipitation. **BMC Ecology**, v. 18, n. 53, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12898-018-0208-6>. Acesso em: 15 set. 2025.

SANTOS, H. G. DOS.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS.; OLIVEIRA, V. Á. DE.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. DE; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**: V. 6. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2025. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br> Acesso em: 10 jan. 2026.

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

SILVA, P. B. DA; CARVALHO, A. M. DE; JUNQUEIRA, A. M. R.; SOARES, J. P. G.; SÁ, M. A. C. DE; MARCHI, G.; MARTINS, E. DE S.; FIGUEIREDO, C. C. DE; SANTOS, L. F. DOS; SOUSA, T. R. DE; OLIVEIRA, A. D. Soil carbon and nitrogen in silicate agromineral managed pasture: a seven-year study in the Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 60, e04133, 2025 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2025.v60.04133>. Acesso em: 10 jan. 2026.

TEIXEIRA, G. C. M.; DE MELLO PRADO, R.; ROCHA, A. M. S.; DOS SANTOS, L. C. N.; DOS SANTOS SARAH, M.M.; GRATAO, P.L.; FERNANDES, C. Silicon in pre-sprouted sugarcane seedlings mitigates the effects of water deficit after transplanting. **Soil Sci. Plant Nutr.**, v. 1, p. 1–11, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42729-019-00170-4>. Acesso em: 10 jun. 2025.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.

VILA, V. V.; MARQUES, P. A. A.; GOMES, T. M.; Nunes A. F.; MONTENEGRO, V. G.; WENNECK, G. S.; FRANCO, L. B. Deficit irrigation with silicon application as strategy to increase yield, photosynthesis and water productivity in lettuce crops. **Plants**, v. 13, n. 7, p. 1029, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants13071029>. Acesso em: 10 jun. 2025.