

KESSE LOHANNE ANDRADE DOS SANTOS

ADUBAÇÃO SILICATADA NO CRESCIMENTO INICIAL DO ARROZ

São Cristóvão – SE

Abril-2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE – UFS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS APLICADAS – CCAA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA – DEA

ADUBAÇÃO SILICATADA NO CRESCIMENTO INICIAL DO ARROZ

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Agrônoma – Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

APROVADO em: 07 de abril de 2025

ORIENTADO: Kesse Lohanne Andrade dos Santos

Prof. Dr. Airon José da Silva
(Orientador)

Prof. Dr. Pedro Roberto Almeida Viégas
(Banca examinadora)

Prof. Dr. Marcos Cabral de Vasconcellos Barretto
(Banca examinadora)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus, por me conceder força, sabedoria e perseverança para superar cada desafio ao longo dessa jornada. Foi n'Ele que encontrei amparo nos momentos de dificuldade e sem Sua presença em minha vida, nada disso seria possível.

À minha família, por todo amor e apoio constante. Foi parte fundamental para que eu chegasse até aqui.

Aos meus amigos da faculdade, que estiveram ao meu lado tornando essa caminhada mais leve e significativa.

Aos meus professores da Universidade Federal de Sergipe - UFS, que contribuíram imensamente para a minha formação acadêmica.

E, em especial, ao meu orientador, Airon José da Silva, por toda sua paciência, dedicação e valiosas orientações, que foram essenciais para a construção deste trabalho e para o meu crescimento como profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me guiar e me dar força em todos os momentos dessa trajetória.

Aos meus pais, Nivaldo e Jonalia, pelo amor incondicional e por sempre acreditarem em mim. O esforço de vocês foi fundamental para que eu chegasse até aqui.

Aos meus irmãos, Natacha e, em especial, ao meu irmão Alan, por todo apoio e dedicação ao longo desses anos, que foram essenciais para que eu conseguisse concluir meu curso de graduação com êxito.

A minha tia Josineide, por todo incentivo e auxílio, e à minha avó Deusdete, por sua ajuda e orações durante essa caminhada.

Ao meu namorado Donizete, por todo o encorajamento e companheirismo, que foram fundamentais para me manter motivada.

Aos meus colegas e amigos, em especial Jaine, Gabriel e Thalia. Cada um de vocês contribuiu de forma única para que essa jornada fosse mais especial.

Ao meu orientador, Airon José da Silva, por todo empenho para execução deste trabalho e por toda orientação que foi crucial para que eu alcançasse este momento tão significativo.

Agradeço ao professor Pedro Roberto Almeida Viegas pelos ensinamentos e pelos inúmeros conselhos valiosos ao longo da minha trajetória acadêmica, os quais levarei comigo para sempre. Foi uma honra ser sua aluna.

Agradeço à professora Maria Aparecida Moreira, pelo direcionamento e apoio durante a fase de elaboração do TCC.

Agradeço à professora de Aline de Almeida Vasconcelos, que, embora tenha chegado apenas na reta final do meu curso, contribuiu de maneira fundamental para minha formação. Seu vasto conhecimento e representatividade feminina foram inspirações para mim, e seu exemplo de dedicação e excelência é algo que levo para toda a minha vida profissional e pessoal.

Por fim, agradeço a todos os professores do Centro de Ciências Agrárias Aplicadas-CCAA e colaboradores da Universidade Federal de Sergipe-UFS, cujo apoio e contribuição foram essenciais para minha formação.

SUMÁRIO

Lista de figuras.....	vi
Lista de tabelas.....	vii
Resumo.....	viii
1. Introdução	9
2. Referencial teórico.....	10
2.1 Arroz – <i>Oryza Sativa L.</i>	10
2.2 Silício na Agricultura	10
2.3 Silício na Cultura do Arroz	11
3. Material e métodos.....	13
3.1 Caracterização da área de estudo e da variedade utilizada.....	13
3.2 Condução do experimento	13
3.3 Delineamento estatístico e variáveis analisadas	15
4. Resultados e discussão	16
5. Conclusões	26
6. Referências	27

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Plantio da semente de arroz (19/10/2023).....	pg 14
Figura 2: Emergência das plântulas de arroz (24/10/2023)	pg 14
Figura 3: Lâmina de 1cm de água (08/11/2023).....	pg 14
Figura 4: Colheita da parte aérea e raiz (20/11/2023).....	pg 14
Figura 5: Equações de regressão para as variáveis massa fresca parte aérea, raízes e total.....	pg 21
Figura 6: Equações de regressão para as variáveis massa seca parte aérea, raízes e total.....	pg 23
Figura 7: Teor de silício no solo ao final do experimento em função das doses de silício aplicadas ao solo.....	pg 24
Figura 8: Teor de silício na parte aérea e nas raízes das plantas de arroz submetidas a doses de silícios no solo.....	pg 25

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1: Pigmentos fotossintéticos de plantas de arroz submetida a doses de silício aplicado via solo.....	pg 15
Tabela 2: Massa fresca de plantas de arroz em função da aplicação de doses de silício aplicado ao solo (parte aérea, raízes e total)	pg 17
Tabela 3: Massa seca de plantas de arroz em função da aplicação de doses de silício aplicado ao solo (parte aérea, raízes e total)	pg 18
Tabela 4: Teor de silício no solo e em raízes e parte aérea de plantas de arroz cultivado em função da aplicação de doses de silício aplicadas via solo.....	pg 19

RESUMO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais cultivados e consumidos no mundo, pois desempenha papel fundamental na segurança alimentar e na economia agrícola brasileira. Apesar de sua importância, a cultura do arroz ainda enfrenta desafios relacionados à nutrição mineral, especialmente em relação ao silício (Si), um elemento benéfico amplamente estudado por seus efeitos na resistência a estresses bióticos e abióticos. Embora os benefícios do Si na agricultura sejam reconhecidos, sua recomendação agrônômica ainda não está estabelecida em diversas regiões, incluído o estado de Sergipe. Este estudo teve como objetivo avaliar a adubação silicatada na cultura do arroz em condições de casa de vegetação, determinando doses adequadas de Si com base no teor foliar e seus efeitos no desenvolvimento das plantas. Para isso, foi conduzido um experimento na Universidade Federal de Sergipe (UFS), sob condições de casa de vegetação o cultivo da cultivar BRS Catiana em vasos com solo coletado na Fazenda Experimental Campus Rural. A fonte silicatada utilizada foi o silicato de potássio (via solo) além de um tratamento controle sem silício. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com seis doses de Si na forma de silicato de potássio (0, 10, 20, 40, 80 e 120 mg.kg⁻¹) e quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Durante o experimento, foram analisadas variáveis como silício no solo e na planta, matéria fresca e seca da parte aérea e das raízes e clorofila. Após a análise dos resultados evidenciou-se que a adubação silicatada promoveu um aumento significativo na absorção de silício pelas plantas, refletindo em melhorias no crescimento da biomassa seca e fresca. A relação quadrática observada entre as doses de silício e sua absorção revelou um ponto de saturação, indicando a necessidade de novos estudos para definir doses ideais para otimizar a eficiência do uso desse elemento na cultura do arroz.

PALAVRAS-CHAVE: *Oryza sativa* L.; silicatagem; silício na agricultura.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos alimentos mais cultivados no mundo e, junto com o milho e o trigo, está entre os três cereais mais importantes para a alimentação humana (WANDER *et al.*, 2021). No Brasil, além de ser primordial na dieta da população, compoando a base alimentar de milhões de pessoas, o arroz também possui grande relevância econômica. O país está entre os principais produtores mundiais, sendo o maior da América Latina, com destaque para a região Sul, principalmente o estado do Rio Grande do Sul, que lidera a produção nacional. A cadeia produtiva do arroz envolve milhares de agricultores, movimenta a economia e gera empregos, tornando-se um pilar fundamental tanto para a segurança alimentar quanto para o setor agrícola brasileiro

No que diz respeito ao silício, este é reconhecido como um elemento benéfico às plantas e, por não atender aos critérios de essencialidade, não é classificado como macronutriente ou micronutriente pela comunidade científica. No entanto, diversos estudos demonstram seus efeitos positivos no cultivo de diferentes espécies vegetais. As gramíneas, como milho, arroz, trigo, cana-de-açúcar e milheto, são as culturas que mais respondem à adubação silicatada. Além disso, seu uso também tem mostrado benefícios em espécies não pertencentes a essa família, como batata, tomate, café, videira, melão e melancia, contribuindo para o fortalecimento estrutural, a resistência aos estresses bióticos e abióticos e ao aumento da produtividade (SILVA & SILVA, 2020).

O silício desempenha um papel crucial na resistência das plantas, porque fortalece a parede celular e dificulta a penetração de patógenos como fungos e bactérias, além de reduzir a alimentação de insetos sugadores e mastigadores. Ele também contribui na tolerância ao estresse hídrico e salino, neutraliza o alumínio tóxico e minimiza a disponibilidade de metais pesados em solos contaminados. Seu uso no arroz, por exemplo, auxilia no aumento da produtividade uma vez que torna as folhas mais eretas, reduz o sombreamento e reforça a estrutura dos tecidos, prevenindo o acamamento. Dessa maneira, os silicatos, principais fontes desse elemento, melhoram a fertilidade do solo e corrigem sua acidez e promove maior resiliência das plantas às doenças, pragas e condições ambientais adversas (EPSTEIN, 1994; MARSCHNER, 1995; KORNDÖRFER *et al.*, 2004).

Apesar dos benefícios do silício na agricultura serem, de certa maneira, conhecidos, especialmente quando utilizado na cultura do arroz, todavia, ainda não há recomendações estabelecidas do seu uso no estado de Sergipe. Desse modo, o presente estudo teve como objetivo estudar a adubação silicatada na cultura do arroz, em condições de casa de vegetação;

avaliar aplicações de doses de silício em plantas de arroz; observar o desenvolvimento de plantas submetidas a doses de silício; além de determinar doses de silício com base no teor foliar.

REFERENCIAL TEÓRICO

Arroz – *Oryza sativa* L.

O arroz (*Oryza sativa* L.) pertence à Divisão Magnoliophyta, Classe Liliopsida, tribo Oryzeae, família Poaceae, subfamília Oryzoideae e ao gênero *Oryza* (WATANABE, 1997). Segundo Lu (1999), o gênero *Oryza* possui 24 espécies, das quais, de acordo com Khush (1997), somente duas são cultivadas: *Oryza glaberrima* Steud., cultivada no Oeste da África e da Ásia e *Oryza sativa* L., cultivada em todo mundo.

Em relação aos seus aspectos botânicos, o arroz, é uma gramínea anual e que embora naturalmente seja adaptada a solos alagados, possui capacidade em se desenvolver em áreas com pouca disponibilidade de água (GUIMARÃES *et al.*, 2022). Possui raízes fasciculadas, caules redondos e ocos, folhas sésseis, limbo foliar plano e panícula terminal.

No que diz respeito à produção de arroz (com casca) no Brasil, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a quantidade produzida em 2023 foi de 10.285.663 toneladas, com destaque ao Rio Grande do Sul como maior produtor com cerca de 7.142.801 t (69,44 %). No estado de Sergipe (SE) a produção foi de 39.927 t o que corresponde a apenas cerca de 0,38% da produção nacional do mesmo ano. Quando se compara com outros alimentos produzidos no estado de SE em 2023, o arroz ocupou a quarta colocação, ficando atrás da mandioca (166.103 t), laranja (394.859 t) e milho (em grão) (874.463 t).

Silício na agricultura

O silício mesmo não sendo classificado como um elemento essencial do ponto de vista fisiológico, proporciona diversos benefícios para o desenvolvimento e crescimento das plantas de importância agrícola. A incorporação do silício aos fertilizantes NPK tornou-se obrigatória com o Decreto 4.954 de janeiro de 2004.

O silício não é considerado um elemento essencial para as plantas, porém Epstein e Bloom (2005) destacam que as plantas que crescem em um ambiente que venha a ser rico em silício se diferenciam daqueles presentes em ambientes que são deficientes nesse elemento e,

dessa maneira, poderia ser considerado um elemento essencial, o qual gera vários efeitos benéficos para mais de 30 espécies vegetais.

As plantas absorvem o silício da solução do solo na forma de ácido de monossilícico (H_4SiO_4) (MITANI *et al.*, 2005). O silício pode promover resistência das plantas às condições de estresse salino e falta de água, isso acontece provavelmente para garantir a integridade e a estabilidade da membrana celular (ZUCCARINI, 2008).

A importância da adubação com silício para as plantas está relacionada principalmente ao aumento da produtividade por meio de várias ações indiretas, como folhas mais eretas, redução do autossombreamento, tornando os tecidos estruturais mais rígidos e, assim, reduzindo o acamamento e aumentando a tolerância das plantas aos estresses abióticos, como a redução da toxidez de Fe, Mn, Al e Na; diminuição na incidência de doenças e ataque de pragas (EPSTEIN, 1994; MARSCHNER, 1995).

Vários efeitos são provocados pelo uso do silício, sendo capaz de proporcionar proteção das plantas contra doenças, ataque de insetos e condições climáticas não favoráveis, além do que, os silicatos, que são as principais fontes de silício, podem contribuir para melhorar a fertilidade do solo e promover a correção da acidez dos solos. (KORNDÖRFER *et al.*, 2004).

Há um vasto número de materiais que têm sido utilizados como fonte de silício para as plantas, como: escórias de siderurgia, wollastonita, subprodutos da produção de fósforo elementar, silicato de cálcio, silicato de sódio, cimento, termofosfato, silicato de magnésio e silicato de potássio (KORNDÖEFER *et al.* 2002).

Os silicatos são as principais fontes de silício para a agricultura. As características consideradas ideais para uma boa fonte de silício para fins agrícolas são: alta concentração de silício solúvel, boas propriedades físicas, facilidade para a aplicação mecanizada, pronta disponibilidade para as plantas, boa relação e quantidades de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), baixa concentração de metais pesados e baixo custo (KORNDÖEFER *et al.* 2004). Os silicatos atuam como corretivos, ajudando a reduzir a acidez do solo. Além disso, eles favorecem a formação do ácido monossilícico, que é a principal forma de silício absorvida pelas plantas (ALCARDE, 1992).

Silício na cultura do arroz

O Si fica atrás apenas do O_2 como o elemento mais abundante da crosta terrestre e mesmo não sendo considerado elemento essencial, do ponto de vista fisiológico, a sua absorção

pelas plantas pode oferecer inúmeras vantagens, especialmente para culturas acumuladoras de Si, a exemplo do arroz (Mengel & Kirkby, 1987). Nesse sentido, a utilização de fertilizantes silicatados em larga escala começou a ser registrada no Japão durante a década de 1950 e, posteriormente, na Coreia do Sul nos anos 1960 (PARK, 2001; MA; TAKAHASHI, 2002).

Segundo Pereira *et al.* (2004), a importância da fertilização com silício no arroz (*Oryza sativa* L.) e na cana-de-açúcar, entre outras culturas, já foi demonstrada por Okuda & Takahashi (1964) no Japão; Ayres (1966) e Halais (1968) nas Maurícias; Gascho (1978), Snyder *et al.* (1986) e Anderson *et al.* (1987) na Flórida; e Korndörfer *et al.* (2002) no Brasil. Os níveis críticos de suficiência desse elemento no solo e nas plantas foram estabelecidos no Brasil (KORNDÖFER *et al.*, 1999; 2002).

Os solos com teores de silício menores que 10 mg.dm^{-3} devem receber adubação silicatada, enquanto que os solos com teores iguais ou maiores que 15 mg.dm^{-3} não necessitariam de seu fornecimento (SNYDER *et al.*, 2006).

O cultivo de arroz em ambiente de solução nutritiva e na falta total de silício causa redução da área foliar, murcha de folhas decorrente do aumento da taxa de transpiração, diminuição da biomassa e da produção de grãos. Esses sintomas aparecem nos estágios iniciais da cultura e se intensificam na fase reprodutiva e na formação dos cachos (MA & TAKAHASHI, 2002).

Barbosa filho *et al.* (2001) notaram que houve amplificação do rendimento dos grãos de arroz de sequeiro, quando utilizado silicato de cálcio. Ademais, foi possível observar um aumento no pH do solo, além do aumento no teor de cálcio e magnésio trocáveis. Em se tratando de defesa contra patógenos, o silício demonstrou induzir resistência de plantas de arroz contra o microorganismo *Bipolaris oryzae*, causador da mancha-parda nessa cultura, ao ser aplicado no solo. (ZANÃO JÚNIOR *et al.*, 2009).

O uso de adubação silicatada no Brasil ainda não é amplamente utilizada pelos produtores, diferentemente de outros países, a exemplo do Japão. Possivelmente devido à falta ou poucos dados experimentais gerados no Brasil, quando comparados a outros países que cultivam arroz (PRADO, 2000).

Mutami e Ma (2005) investigaram o transporte de silício (Si) em arroz, pepino e tomate e descobriram que, entre essas plantas, o arroz é o mais eficiente no transporte de Si. A ordem de transporte é arroz > pepino > tomate. Isso se justifica devido a uma primeira fase da absorção

radicular, na qual há transporte ativo e conseqüentemente um gasto de energia na absorção do nutriente, em que o arroz especificamente, é mais eficiente em absorver e logo após transportar o elemento. Esse processo de absorção ativa de Si em plantas superiores é facilitado pelo gene Low silicon rice (Lsi1), que codifica uma proteína localizada na membrana celular da raiz e é essencial para a absorção do Si (MA *et al.*, 2006)

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo e da variedade utilizada

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada no Departamento de Engenharia Agrônômica - DEA na Universidade Federal de Sergipe - UFS, Campus de São Cristóvão, sob condições de irrigação com água destilada e inundação com lâmina de 1 cm de água acima da superfície do solo.

Para esse trabalho foi utilizada uma variedade de arroz irrigado, a cultivar BRS Catiana (safra 2022/2023) que possui alto poder de adaptação e elevado potencial produtivo e é indicada para o cultivo no estado de Sergipe.

O solo utilizado para a experimentação foi coletado na Fazenda Experimental Campus Rural, da Universidade Federal de Sergipe, localizada no município de São Cristóvão sob coordenadas 10°55'28" S de latitude e longitude de 37°11'57" W. Foram coletados 48kg de solo, posteriormente, este foi dividido em 24 vasos plásticos de 2kg; o peso final de cada unidade de vaso foi de 2,060 kg (peso do vaso mais solo seco ao ar e peneirado em malho de 4 mm).

Condução do experimento

Toda a condução do experimento foi em casa de vegetação, onde as condições do meio foram controladas. O cultivo ocorreu em vasos de plástico com 2kg de solo, semeio direto de 10 sementes para cada unidade experimental, como ilustrado na figura 1. Conforme mostrado na Figura 2, a emergência das plântulas de arroz foi registrada em 24/10/2023, marcando o início do ciclo da cultura. Foi feita adubação mineral com o uso de NPK conforme recomendação da análise química do solo, todas as unidades experimentais receberam a mesma dose. No momento da adubação com NPK também foi aplicado o silício na forma de silicato de potássio (Sifol), fonte de silício escolhida; o valor de potássio como cloreto de potássio, foi

ajustado de modo que a única fonte de variação fosse o silício. A Figura 3 ilustra a manutenção da lâmina de 1 cm de água nas unidades experimentais, registrada em 08/11/2023. Conforme mostra a Figura 4, a colheita da parte aérea e das raízes foi efetuada em 20/11/2023, marcando o encerramento do experimento.



Figura 1: plantio da semente de arroz (19/10/2023).
Fonte: própria autora



Figura 2: emergência das plântulas de arroz (24/10/2023).
Fonte: própria autora



Figura 3: lâmina de 1cm de água (08/11/2023).
Fonte: própria autora



Figura 4: colheita da parte aérea e raiz (20/11/2023).
Fonte: própria autora

Delineamento estatístico e variáveis analisadas

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em um esquema 1 X 6. Onde, foi cultivada uma variedade de arroz e seis doses de silício na forma de silicato de potássio com aplicações via solo, sendo aplicadas doses de 0, 10, 20, 40, 80 e 120 mg.Kg⁻¹ em quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais.

Ao final do experimento, foram avaliadas as variáveis: silício no solo pelo método do ácido acético (KORNDÖRFER *et al.*, 2004); matéria fresca (parte aérea e raiz); matéria fresca, pela soma das matérias frescas. O material vegetal foi seco em estufa a 65°C e foi determinada a matéria seca (parte aérea e raízes) e somada a matéria seca total. Na matéria seca, foi determinado o teor de silício pelo método do amarelo (KORNDÖRFER *et al.*, 2004) e estimada a extração de silício por vaso. Foi determinado os valores de clorofila a e b e a relação a/b e a clorofila total foi determinada pela soma das clorofilas a e b, estes procedimentos foram realizados com um Clorofilog (método não destrutivo).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e, quando significativos, foram ajustadas as equações de regressão; utilizou-se o programa de estatística SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O silício promoveu efeito significativo para a clorofila b, não causando efeito para os demais pigmentos fotossintéticos (clorofila a, total e a relação a/b) (Tabela 1).

Tabela 1. Pigmentos fotossintéticos de plantas de arroz submetida a doses de silício aplicado via solo

Tratamentos Si mg.kg ⁻¹	Clorofila a ^{NS}	Clorofila b*	Clorofila total ^{NS}	Relação a/b ^{NS}
0	22,03	5,33	27,35	4,13
10	19,73	5,00	24,73	3,93
20	17,03	4,90	21,93	3,49
40	20,18	4,63	24,80	4,36
80	20,58	4,93	25,50	4,15
120	15,70	4,70	20,40	3,34
CV (%)	16,58	5,13	13,81	14,03
p,	0.1068	0.0190	0.0974	0.1124

NS = não significativo; * significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância; CV: coeficiente de variação.

Esse resultado demonstrou que no presente estudo a aplicação do silício teve uma influência sobre o pigmento de clorofila b, com um p estatístico de 0.0190, demonstrando uma leve tendência de redução da clorofila b com o aumento das doses de silício, mas sem um padrão muito claro. A clorofila *b* é um pigmento que ajuda a ampliar a faixa de absorção de luz que pode ser usada na fotossíntese. Essa clorofila é auxiliar da clorofila *a*, transferindo a energia captada para as moléculas que realizarão a fotossíntese (Raven, 1983). A clorofila b, então, é mais utilizada quando a planta precisa captar mais luz. Dessa forma, essa leve redução da clorofila b neste experimento indica que o silício ajudou a planta a regular melhor a absorção de luz, necessitando de uma menor quantidade desse pigmento no processo de fotossíntese do arroz.

A literatura afirma que o uso do Si, especialmente em plantas sob estresse, pode corroborar para o processo de fotossíntese, mesmo que de forma indireta (Tamai e Ma, 2008). Isso se justifica porque o uso do silício em plantas sob condições extremas tem propiciado melhor incidência de luz, maior absorção de CO₂ e diminuição da transpiração excessiva, o que permite incremento da taxa fotossintética (Deren et al., 1994; Savant et al., 1997) e aumento do conteúdo de clorofila nas folhas (Epstein, 2001; Al-aghabary et al., 2004; Silva et al., 2012). No entanto, neste estudo em específico os teores de clorofila a e total não apresentaram alterações significativas. Além disso, a relação a/b também não foi alterada, sugerindo que a proporção entre esses pigmentos se manteve estável independentemente da dose de silício. Esse achado provavelmente é explicado pelo fato de que as plantas foram cultivadas em ambiente controlado e não sofreram estresse.

Houve efeito positivo com o aumento de produção de massa fresca para as variáveis massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz e massa fresca total (Tabela 2). Resultado semelhante foi observado para a produção de material seco da parte aérea, raiz e total, com o silício promovendo incremento positivo de produção de matéria seca (Tabela 3). Na tabela 4 é possível observar os teores do silício no solo em função das doses de silício aplicadas ao solo, e o percentual de silício na parte aérea e nas raízes (%), com efeito significativo para ambas as variáveis analisadas.

Tabela 2. Massa fresca de plantas de arroz em função da aplicação de doses de silício ao solo (parte aérea, raízes e total)

Tratamentos Si mg.kg ⁻¹	Massa fresca parte aérea*	Massa fresca raiz*	Massa fresca total*
	-----g.vaso ⁻¹ -----		
0	12,97	56,52	69,49
10	12,68	59,93	72,61
20	14,67	73,80	88,46
40	16,20	62,93	79,13
80	16,49	90,74	107,23
120	18,57	92,00	110,57
CV (%)	6,16	5,35	4,75
p,	0.0000	0.0000	0.0000

* significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância; CV: coeficiente de variação.

Neste resultado evidenciou-se um aumento progressivo na massa da parte aérea conforme a dose de silício foi elevada, partindo de 12,97 g (0 mg/kg de Si) para 18,57 g (120 mg/kg de Si). Esse efeito pode estar relacionado à melhoria da eficiência fotossintética, maior resistência mecânica dos tecidos e menor perda de água pela folha, o que juntos favorecem o crescimento da parte aérea. O acúmulo de silício nas folhas das plantas acarreta redução na transpiração e dessa forma contribui para que a necessidade de água pela planta seja menor, em virtude da formação de uma dupla camada de sílica, o que gera redução da transpiração por diminuir a abertura estomática limitando a perda de água (OLIVEIRA e CASTRO, 2002).

A massa fresca das raízes também indicou um efeito positivo significativo com o uso do silício, com incremento de 56,52 g (0 mg/kg de Si) para 92,00 g (120 mg/kg de Si). Neste aspecto, este elemento benéfico desempenha um papel fundamental na arquitetura e funcionalidade do sistema radicular, porque promove o fortalecimento das paredes celulares e permite uma maior penetração das raízes no solo. Esse efeito possibilita a exploração de maior volume de substrato e otimiza a absorção de água e nutrientes. Além disso, a presença de silício estimula o desenvolvimento de raízes laterais e pelos radiculares, os quais aumentam significativamente a superfície de absorção. A melhoria estrutural e funcional das raízes também contribui para uma maior resistência das plantas aos estresses ambientais, garantindo a manutenção da atividade radicular e a eficiência na captação de recursos do solo. Adicionalmente, o silício favorece interações benéficas entre as raízes e microrganismos, como micorrizas e rizobactérias, pois potencializa a absorção de nutrientes essenciais, especialmente fósforo e promove uma melhor adaptação da planta ao ambiente. (AZEVEDO, 2023). Além disso, há evidências de que o silício pode reduzir danos causados por patógenos do solo às

raízes e, dessa forma, melhora a tolerância ao estresse oxidativo, o que pode justificar esse aumento na massa radicular.

Em relação à massa fresca total da planta, foi possível observar um aumento expressivo, de 69,49 g (0 mg/kg de Si) para 110,57 g (120 mg/kg de Si). Esse aumento pode ser resultado da combinação dos efeitos positivos na parte aérea e no sistema radicular, indicando um crescimento mais vigoroso das plantas. Esse efeito é especialmente relevante para o arroz, uma cultura conhecida por se beneficiar do silício na resistência ao acamamento, eficiência da fotossíntese e defesa contra pragas e doenças. (CURRIE; PERRY, 2007).

Em relação a Tabela 3, vários estudos apontaram que a aplicação de doses de Si não proporciona alterações significativas na produção de matéria seca do arroz, descritos por Tanaka & Park (1966), Liang et al. (1994) e Carvalho (2000). Entretanto, os resultados obtidos nesse estudo diferem, no qual o uso do Si resultou no aumento da produção das massas secas da parte aérea, das raízes e total. Ademais, pôde-se observar que o maior valor foi encontrado na dose de 80 mg.kg⁻¹ de Si (48,95 g.vaso⁻¹), sugerindo que, possivelmente, essa dose seja mais eficiente para promover o crescimento das plantas. Já a dose 120 mg.kg⁻¹ de Si apresentou um leve decréscimo na massa seca total (45,87 g.vaso⁻¹), o que pode sugerir um efeito de polimerização ou até indisponibilizar nutrientes em doses mais elevadas.

Tabela 3. Massa seca de plantas de arroz em função da aplicação de doses de silício aplicado ao solo (parte aérea, raízes e total)

Tratamentos Si mg.kg ⁻¹	Massa seca parte aérea*	Massa seca raiz*	Massa seca total*
	-----g.vaso ⁻¹ -----		
0	5,33	24,26	29,59
10	5,58	28,16	33,74
20	5,69	29,48	35,17
40	5,90	27,40	33,29
80	5,63	43,32	48,95
120	6,49	39,39	45,87
CV (%)	5,16	15,59	13,31
p,	0.0013	0.0004	0.0003

* significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância; CV: coeficiente de variação.

Tabela 4. Teor de silício no solo e em raízes e parte aérea de plantas de arroz cultivado em função da aplicação de doses de silício aplicadas via solo

Tratamentos Si mg.kg ⁻¹	Silício solo*	Silício parte aérea*	Silício raiz*
	---mg.kg ⁻¹ ---	-----%-----	
0	9,43	4,91	8,24
10	10,27	5,69	9,02
20	16,73	6,58	9,69
40	17,09	8,24	10,69
80	16,01	10,02	10,80
120	22,84	11,36	11,58
CV (%)	17,30	12,82	9,70
p,	0.0000	0.0000	0.0020

* significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância; CV: coeficiente de variação.

Observa-se na Tabela 4 que houve efeito significativo da aplicação de silício no solo sobre os teores do elemento no próprio solo, nas raízes e na parte aérea das plantas de arroz no presente estudo. Assim, o aumento progressivo das doses de silício levou a um incremento proporcional nos teores do elemento em todas as variáveis analisadas, indicando a efetividade da absorção e translocação do silício na planta.

Nesse sentido, em relação aos teores de silício no solo, os valores encontrados mostraram aumento conforme o incremento das doses aplicadas, com destaque para a dose de 120 mg kg⁻¹, que resultou no maior acúmulo do elemento (22,84 mg kg⁻¹). Esse comportamento era esperado, uma vez que a disponibilidade de silício no solo está diretamente relacionada à sua aplicação, bem como à sua interação com a matriz do solo e a possível adsorção em coloides. No entanto, alguns estudos indicam que a disponibilidade de silício pode variar conforme o tipo de solo e as condições ambientais, sendo que solos altamente intemperizados, a exemplo dos latossolos brasileiros, tendem a apresentar baixa disponibilidade natural de silício devido à lixiviação do elemento (Ma & Yamaji, 2015).

No que diz respeito aos teores de silício na raiz, também aumentaram de forma significativa e atingiu 11,58% na dose mais elevada. Esse acúmulo radicular sugere que as raízes atuam como um importante reservatório do elemento antes de sua translocação para a parte aérea. A absorção do silício ocorre predominantemente na forma de ácido monossilícico [Si(OH)₄], que é transportado por aquaporinas e canais específicos, como o Lsi1 e Lsi2, identificados em plantas de arroz (Ma et al., 2006). A deposição de sílica nas raízes pode

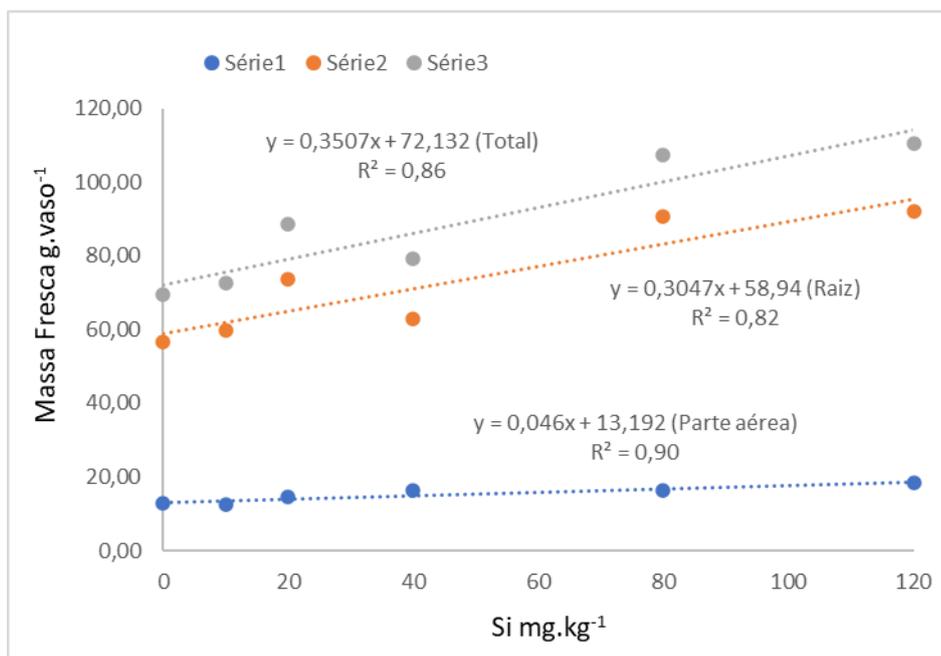
conferir maior resistência mecânica e proteção contra patógenos do solo, além de favorecer o crescimento radicular e a absorção de água e nutrientes essenciais.

Já o aumento do teor de silício na parte aérea seguiu um padrão semelhante ao observado nas raízes, alcançando 11,36% na maior dose aplicada. Esse acúmulo na parte aérea reforça o papel do silício na formação de camadas de sílica na epiderme das folhas, que confere maior resistência mecânica, redução da transpiração e menor suscetibilidade às doenças fúngicas, como a brusone (Prabhu et al., 2012). Além disso, a presença de silício pode melhorar a arquitetura foliar, otimizando a captação de luz e favorecendo a eficiência fotossintética. Esse achado é corroborado pelo trabalho de Mauad et al. (2003), que avaliou o acúmulo de silício na parte aérea de cultivares de arroz de terras altas. Os resultados indicaram que a aplicação de silício aumentou significativamente o teor do elemento na parte aérea das plantas, demonstrando a eficiência da absorção e translocação do silício na cultura do arroz.

Dessa forma, os dados obtidos neste estudo ratificaram que a aplicação de silício ao solo é efetiva no aumento da disponibilidade do elemento e na absorção pelas plantas de arroz, uma vez que promove sua translocação para diferentes compartimentos da planta. Esse comportamento é amplamente documentado na literatura e reforça a importância do silício para o desenvolvimento e a resistência da cultura do arroz. Além disso, os resultados indicam que doses mais elevadas de silício podem resultar em maior acúmulo do elemento nas raízes e na parte aérea, o que pode estar associado a benefícios fisiológicos e estruturais para a planta.

Os dados significativos foram submetidos a análises de regressão e foi possível ajustar equações significativas para as seguintes variáveis: massas fresca da parte aérea, raízes e total (Figura 5), massas seca da parte aérea, raízes e total (Figura 6), silício no solo, teor na parte aérea e nas raízes. Não houve ajuste de equação de regressão significativa para a clorofila b.

Figura 5. Equações de regressão para as variáveis massas da fresca parte aérea, raízes e total.



Série 1: parte aérea, série 2: raízes e série 3: total.

Verifica-se na Figura 5 que as equações de regressão para a massa fresca da parte aérea, raízes e total em função das doses de silício aplicadas ao solo. A análise dos coeficientes de regressão e dos coeficientes de determinação (R^2) indica uma resposta positiva ao incremento de silício, sendo essa resposta mais acentuada para as massas fresca total e radicular.

A equação para a massa fresca total ($y=0,3507x+72,132$ $y = 0,3507x + 72,132$, $R^2=0,86$ $R^2 = 0,86$ $R^2=0,86$) demonstrou que o aumento na disponibilidade de silício no solo está correlacionado a um incremento significativo na biomassa total da planta, sugerindo uma melhora geral nas condições de crescimento. Isso já foi demonstrado anteriormente no qual o silício contribui para a estruturação e fortalecimento celular, com redução da suscetibilidade ao estresse e aumenta a eficiência na absorção de recursos essenciais (MA et al., 2001).

Em relação à massa fresca das raízes ($y=0,3047x+58,94$ $y = 0,3047x + 58,94$, $R^2=0,82$ $R^2 = 0,82$ $R^2=0,82$) também aumentou com o fornecimento de silício, indicando um efeito positivo na alocação de biomassa para o sistema radicular. Tal achado já foi demonstrado por Silva (2007) em que destaca que o acúmulo de biomassa na parte aérea e radicular está diretamente relacionado à maior disponibilidade de silício, o qual promove plantas mais vigorosas e resistentes a condições adversas.

Já a massa fresca da parte aérea ($y=0,046x+13,192$ = $0,046x + 13,192$, $R^2=0,90$) apresentou um aumento menos expressivo, porém ainda significativo. Esse resultado sugere que, embora o silício beneficie o desenvolvimento da parte aérea, seu impacto é mais pronunciado na raiz e na biomassa total.

De uma forma geral, o aumento da massa fresca nestas três variáveis analisadas pode estar associado à maior resistência mecânica e eficiência na absorção de água e nutrientes promovidas pelo silício, indo na mesma direção de estudos que apontam que o silício contribui para a estruturação e fortalecimento celular e reduz a suscetibilidade ao estresse e aumenta a eficiência na absorção de recursos essenciais (MA et al., 2001).

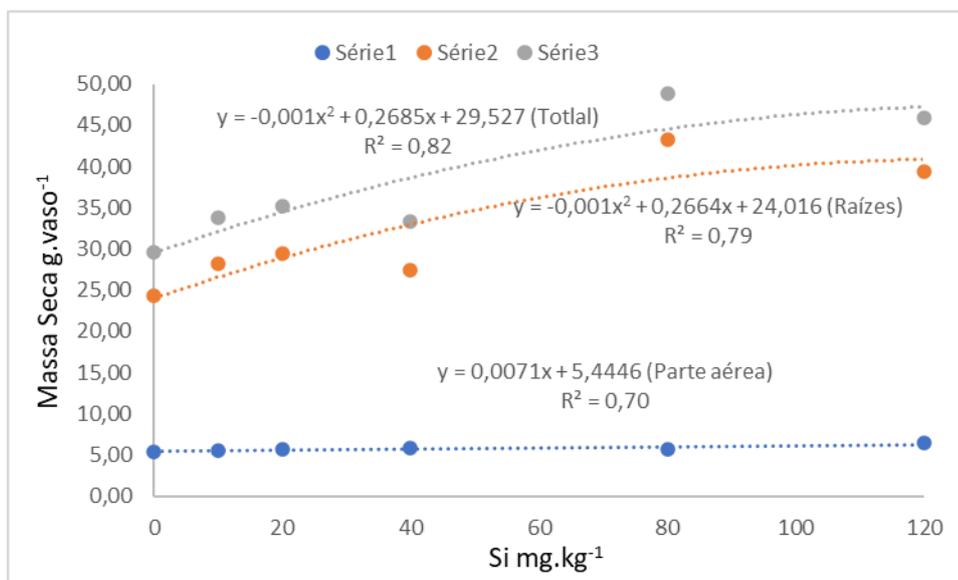
A Figura 6 evidencia a relação entre a aplicação de silício e as massas seca da parte aérea, raízes e total das plantas de arroz. Os modelos de regressão ajustados indicam que o silício influencia positivamente no acúmulo de biomassa, sendo esse efeito mais pronunciado para a massa seca das raízes e total.

A equação para a massa seca total ($R^2=0,82$) sugeriu que a aplicação de silício promoveu um aumento expressivo na biomassa da planta, possivelmente devido à melhoria na absorção de nutrientes e à maior resistência a estresses ambientais (Silva, 2007).

Para a massa seca das raízes ($R^2=0,79$), o comportamento quadrático indicou que o silício estimulou o crescimento radicular até certo ponto, a partir do qual seu efeito se estabiliza ou reduz. Isso pode estar associado à saturação dos mecanismos de absorção e transporte do elemento pela planta (Ma et al., 2001).

A massa seca da parte aérea ($R^2=0,70$) apresentou um aumento menos expressivo, sugerindo que a resposta ao silício é mais evidente nas raízes, onde o elemento pode desempenhar um papel fundamental na estruturação celular e na absorção de nutrientes (Ma & Yamaji, 2015).

Figura 6. Equações de regressão para as variáveis massa seca parte aérea, raízes e total.



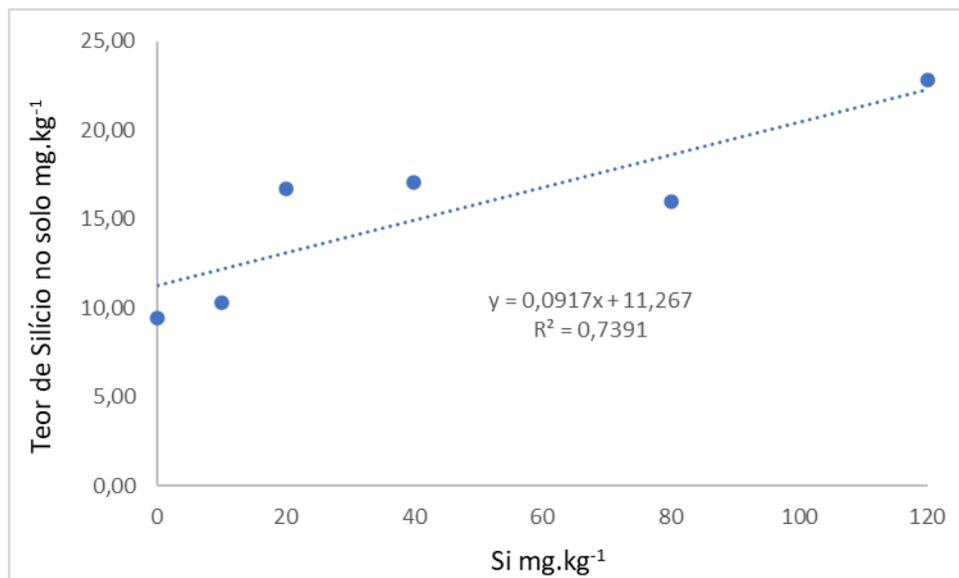
Série 1: parte aérea, série 2: raízes e série 3: total.

A Figura 7 apresenta a relação entre as doses de silício aplicadas e o teor final de silício no solo, evidenciando um aumento linear com o incremento das doses. A equação de regressão ajustada ($y=0,0917x+11,267$) e o coeficiente de determinação ($R^2=0,7391$) indicaram uma correlação positiva moderada entre a aplicação de silício e seu acúmulo residual no solo.

Esse comportamento é consistente com estudos que demonstram a capacidade do solo em reter silício aplicado via fertilizantes ou fontes minerais, especialmente em solos com baixa disponibilidade natural desse elemento. Segundo Ma & Takahashi (2002), o silício pode se acumular na solução do solo e em frações adsorvidas, dependendo das características físico-químicas do solo, como pH e teor de óxidos de ferro e alumínio. Além disso, Crusciol et al. (2018) ressaltam que, em solos altamente intemperizados, como os Latossolos, a suplementação de silício pode melhorar sua disponibilidade para as plantas, porque reduz as perdas por lixiviação.

A resposta positiva do teor de silício no solo, ao final do experimento, sugere que as doses aplicadas foram eficientes em aumentar sua concentração, o que pode beneficiar cultivos subsequentes e garante uma disponibilidade prolongada desse elemento essencial para o crescimento e a resistência das plantas.

Figura 7. Teor de silício no solo em função das doses de silício aplicadas ao solo.



A Figura 8 apresenta a relação entre a dose de silício no solo e o teor de silício acumulado na parte aérea e nas raízes das plantas de arroz.

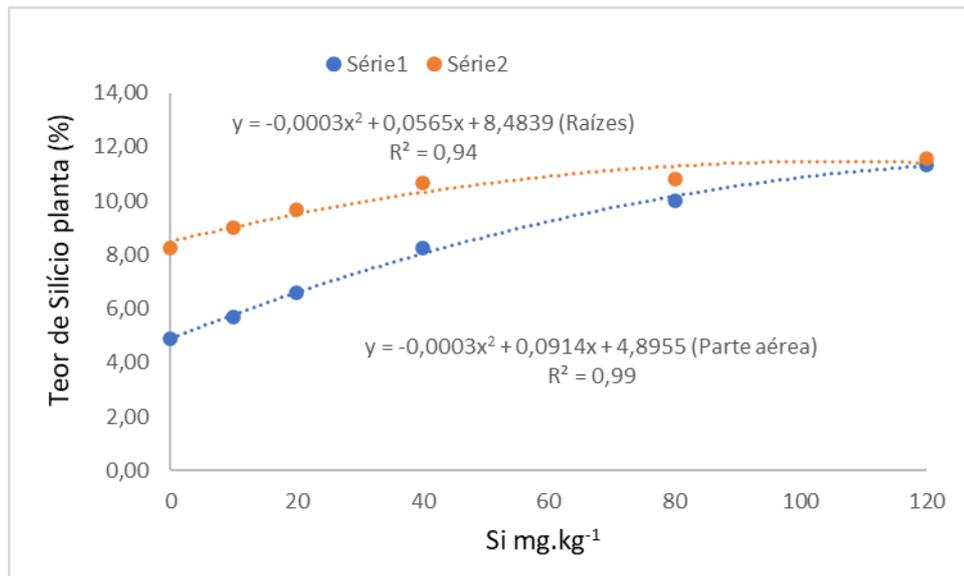
Esse resultado demonstrou uma tendência de acúmulo, uma vez que tanto as raízes quanto a parte aérea das plantas apresentaram um aumento no teor de silício à medida que a dose de Si no solo aumentou. Segundo Ma et al. (2001), o arroz tem alta capacidade de absorção de Si devido à presença de transportadores específicos, que facilitam sua assimilação e translocação para os tecidos vegetais

Os dados encontrados demonstraram que as raízes apresentaram teores mais elevados de silício em comparação com a parte aérea. Isso corrobora estudos como os de Rodrigues et al. (2001), que apontam que a maior concentração de Si ocorre nas raízes, pois o elemento é absorvido na forma de ácido monossilícico e parte dele pode ser retida nos tecidos radiculares antes de ser translocada via xilema para as folhas e colmos.

Outro ponto a se destacar é que a forma quadrática das equações indicou que há um limite na capacidade de absorção e acúmulo de Si pela planta. Isso sugere que após uma determinada dose, o incremento no teor de Si se torna menos expressivo. Essa tendência é descrita por Ma et al. (2001) que observaram que, a resposta à adubação silicatada, pode se estabilizar devido à saturação dos mecanismos de transporte e precipitação do Si na planta. Portanto, os resultados do presente estudo indicam a relevância do manejo adequado das doses de Si para maximizar os benefícios na cultura do arroz, especialmente porque a adubação

silicatada aumenta o desempenho agrônomo da cultura, aumenta a resistência mecânica das folhas, reduz a incidência de doenças como a brusone (*Magnaporthe oryzae*) e melhora a eficiência do uso da água (Sousa et al., 2010).

Figura 8. Teor de silício na parte aérea e nas raízes das plantas de arroz submetidas a doses de silícios aplicadas no solo.



Série 1: parte aérea, série 2: raízes.

CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram que a adubação silicatada promoveu um aumento significativo no acúmulo do elemento nas raízes, na parte aérea das plantas e no solo, confirmando com estudos anteriores que destacam o papel do Si na fisiologia do arroz.

A modelagem dos dados revelou uma relação quadrática entre as doses de silício e sua absorção pelas plantas, indicando um ponto de saturação em que a eficiência da absorção do elemento se estabiliza, e sugere que doses elevadas não proporcionam incrementos adicionais expressivos no crescimento vegetal.

Portanto, os achados desse estudo ressaltam a necessidade de novas pesquisas em diferentes condições de plantio, não somente casa de vegetação, para melhor definir limites ideais de aplicação, além de avaliar a interação entre diferentes fontes de silício, tipos de solo e variedades de arroz a fim de otimizar a aplicação desse elemento na rizicultura.

REFERÊNCIAS

- AL-AGHABARY, K.; ZHU, Z.; SHI, Q. **Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress.** *Journal of Plant Nutrition*, v. 27, n. 12, p. 2101-2115, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1081/PLN-200034641>. Acesso em: 1 abr. 2025.
- ALCARDE, J. A. **Silicatos como corretivos de solos ácidos.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 16, n. 2, p. 101-106, 1992.
- AZEVEDO, Harianna. **SILÍCIO protege sistema radicular das plantas.** *Revista Campo & Negócios*, 2023. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/silicio-protege-sistema-radicular-das-plantas/>. Acesso em: 1 abr. 2025.
- BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; FAGERIA, N. K.; DATNOFF, L. E.; SILVA, O. F. **Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro.** *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 25, n. 2, p. 325-330, jun. 2001.
- CARVALHO, J. C. **Análise de crescimento e produção de grãos da cultura do arroz irrigado por aspersão em função da aplicação de escórias de siderurgia como fonte de silício.** 2000. 119 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- COUTO, C. A.; FLORES, R. A.; CASTRO NETO, J.; PEIXOTO, M. M.; SOUZA JUNIOR, J. P.; PRADO, R. M.; MESQUITA, M.; DAMIN, V. **Crescimento, biomassa e qualidade fisiológica do arroz em função da aplicação foliar de silício.** *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, n. 4, p. 18997-19014, 2020.
- CURRIE, H.A.; PERRY, C.C. **Silica in plants: biological, biochemical and chemical studies.** *Annals of Botany*, Oxford, v. 100, n. 7, p. 1383-1389, 2007.
- DEREN, C. W.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; MARTIN, F. G. **Silicon concentration, disease response, and yield components of rice genotypes grown on flooded organic histosols.** *Crop Science*, v. 34, n. 3, p. 733-737, 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.2135/cropsci1994.0011183X003400030021x>. Acesso em: 1 abr. 2025.
- EPSTEIN, E. **Silicon.** *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v. 45, p. 303-320, 1994.
- EPSTEIN, E. **Silicon.** *Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology*, v. 50, p. 641-664, 1999.

EPSTEIN, E. **Silicon in plants: facts vs. concepts**. *Studies in Plant Science*, v. 8, p. 1-15, 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0928-3420\(01\)80004-6](https://doi.org/10.1016/S0928-3420(01)80004-6). Acesso em: 1 abr. 2025

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. 2. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2005. 400 p.

FERREIRA, D. F.; **Sisvar: a computer statistical analysis system**. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

GUIMARÃES, E. P.; SILVA, J. P. da; COSTA, D. A. da. **Aspectos botânicos do arroz e sua adaptação a solos com baixa disponibilidade de água**. *Revista Brasileira de Agricultura*, v. 75, n. 3, p. 56-67, 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agropecuária: arroz**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/arroz/br>. Acesso em: 25 mar. 2025.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. Uberlândia: UFU/ICIAG, 1999. (Boletim Técnico, 01).

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. 3. ed. Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFU, 2004a. 23 p. (Boletim Técnico, 01).

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. de. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. Uberlândia: UFU/ICIAG, 2002. 23 p. (GPSi-ICIAG-UFU. Boletim Técnico, 01).

KORNDÖRFER, P. H.; SILVA, G. C. DA.; TEIXEIRA, I. R.; SILVA, A. G. DA.; FREITAS, R. S. DE. **Efeito da adubação silicatada sobre gramíneas forrageiras e características químicas do solo**. *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, v. 40, n. 2, p. 119-125, abr./jun. 2010.

KORNDÖRFER, G. H.; COELHO, L.; SNYDER, G. H. **Silício na agricultura: impacto no rendimento das culturas. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo**, 2022. 8 p. (Comunicado Técnico, 259). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1133811/1/cot-259.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2025.

KRUSH, G. S. **Origin, dispersal, cultivation of rice**. *Plant Molecular Biology*, Belgium, v. 35, p. 25-34, 1997.

LIANG, Y. C.; MA, T. S.; LI, F. J.; FENG, Y. J. **Silicon availability and response of rice and wheat to silicon in calcareous soils**. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 25, p. 2285-2297, 1994.

MA, J. F. et al. **Low silicon rice (Lsil): A gene essential for silicon uptake in plants**. *Plant Physiology*, v. 142, n. 2, p. 606-612, 2006.

Ma, J.F. and Takahashi, E. (2002) **Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan**. Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands. - References - Scientific Research Publishing. Disponível em: <<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2301761>>. Acesso em: 1 abr. 2025.

MA, J. F.; YAMAJI, N. **A cooperative system of silicon transport in plants**. *Trends in Plant Science*, v. 20, n. 7, p. 435-442, July 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2015.04.007>.

MA, J.F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. **Silicon as a beneficial element for crop plants**, In: DATNOFLF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. (Eds). *Silicon in Agriculture*. The Netherland, Elsevier Science, p.17-39. 2001.

MAUAD, M.; CRUSCIOL, C. A. C.; GRASSI FILHO, H.; KORNDÖRFER, G. H. **Aplicação de silício em arroz de terras altas sob sistema de plantio direto**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, n. 1, p. 168-176, 2013. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/990115/1/Mauad.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2025

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995.

MENGEL, K. E.; KIRKBY, G. A. **Further elements of importance**. In: *PRINCIPLES of plant nutrition*. 4. ed. Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 1987. p. 573-588.

MITANI, N.; MA, J. F. **Uptake system of silicon in different plant species**. *Journal of Experimental Botany*, v. 56, p. 1255-1261, 2005.

MUTAMI, S.; MA, J. F. **Transport of silicon in rice, cucumber, and tomato**. *Journal of Plant Nutrition*, v. 28, n. 5, p. 883-891, 2005.

OLIVEIRA MARTINS, P.; ALEXANDRE, C.; CRUSCIOL, C. **Cinética de absorção de silício por cultivares de cana-de-açúcar e de arroz**.

OLIVEIRA, L. A.; CASTRO, N. M. **Ocorrência de sílica nas folhas de Curatella americana L. e de Davilla elliptica St. Hil.** *R. Horiz. Ci.*, 2002.

PARK, J. H. **Use of silicate fertilizers in Asia**. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Eds.). **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 2001. p. 213-228.

PRADO, R. M. **Adubação silicatada no cultivo do arroz**. 2000. 150 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) — Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

PRABHU, Anne S.; BARBOSA FILHO, Morel P.; DATNOFF, Lawrence E.; SNYDER, George H.; BERNI, Rodrigo F.; RODRIGUES, Fabricio A.; DALLAGNOL, Leandro J. **Silício reduz a severidade da mancha parda e a descoloração de grãos em diversos genótipos de arroz**. *Tropical Plant Pathology*, v. 37, n. 6, p. 409-414, dez. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tpp/a/SmQgnpQ8SdCcXvvggZM4LbMp/>. Acesso em: 1 abr. 2025, 14h32.

PEREIRA, H. S. et al. **Silicon sources for rice crop**. *Scientia Agricola*, v. 61, n. 5, p. 522–528, 2004.

RAVEN, J.A. **The transport and function of silicon in plants**. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, v.58, n.1, p.179-207, 1983.

Rodrigues FA, Datnoff LE, Korndörfer GH, Seebold KW, Rush MC (2001) **Effect of silicon and host resistance on sheath blight development in rice**. *Plant Disease* 85:827-832.

SAVANT, N. K.; SNYDER, G. H.; DATNOFF, L. E. **Silicon management and sustainable rice production**. *Advances in Agronomy*, v. 58, p. 151-199, 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60255-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60255-2). Acesso em: 1 abr. 2025, 21h20.

SILVA, G. F. da; KORNDÖRFER, G. H.; VIDAL, A. A.; OLIVEIRA, A. L. de. **Acumulação de silício em arroz em diferentes condições de pH da rizosfera**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, n. 4, p. 761-768, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/P9XTy5txSY9WFzsDy53XZwC/?lang=pt>. Acesso em: 1 abr. 2025.

SILVA, R. V. D.; SILVA, B. V. D. L. E. **Qual a ação e a reação do silício nas plantas**. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/qual-a-acao-e-reacao-do-silicio-nas-plantas/>. Acesso em: 25 mar. 2025.

SNYDER, G. H.; DATNOFF, L. E.; KORNDÖRFER, G. H.; FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. J. de A. **Silício e a fertilidade do solo**. In: KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S. (org.). **Silício na Agricultura**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 55-72.

SOUSA, R. T. X.; KORNDÖRFER, G. H.; WANGEN, D. R. B. **Aproveitamento de silício proveniente de escória siderúrgica por cultivares de cana-de-açúcar.** *Bragantia*, Campinas, v. 69, n. 3, p. 669-676, 2010.

TANAKA, A.; PARK, Y. D. **Significance of the absorption and distribution of silica in the growth of rice plant.** *Soil Science and Plant Nutrition*, v. 12, p. 23-28, 1966.

TAMAI, K.; MA, J. F. **Response of rice seedlings to silicon deficiency in a hydroponic solution.** *Soil Science and Plant Nutrition*, v. 54, n. 1, p. 57-62, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2007.00197.x>. Acesso em: 1 abr. 2025, 21h15.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. DEPARTAMENTO DE FITOPATOLOGIA. **Silício na agricultura: anais do V Simpósio Brasileiro sobre Silício na Agricultura.** Viçosa: Fabrício Ávila Rodrigues, 2010. p. 3-64.

WANDER, A. E.; SILVA, O. F. da; FERREIRA, C. M. **O arroz e o feijão no Brasil e no mundo.** In: FERREIRA, C. M.; BARRIGOSI, J. A. F. (ed.). **Arroz e feijão: tradição e segurança alimentar.** Brasília, DF: Embrapa; Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2021. p. 81-100. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1134409>. Acesso em: 25 mar. 2025.

WANTABE, Y. **Phylogeny and geographical distribution of genus *Oryza*.** In: MATSUO, T.; FUTSUHARA, Y.; KIKUCHI, F.; YAMAGUCHI, H. **Science of the rice plant genetics.** Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1997. p. 29-39.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; FONTES, R. L. F.; ÁVILA, V. T. D. **Aplicação do silício para aumentar a resistência do arroz à mancha-parda.** *Revista Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 2, p. 203-206, fev. 2009.

ZUCCARINI, P. **Silício e sua relação com a resistência das plantas ao estresse ambiental.** *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 20, n. 1, p. 43-49, 2008.