



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
CURSO DE AGRONOMIA**

DAVÍ GUILHERME BASTOS FERREIRA

**ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS DE GIRASSOL EM FUNÇÃO DE
DIFERENTES DOSES DE TERRA DIATOMÁCEA**

FORTALEZA

2022

DAVÍ GUILHERME BASTOS FERREIRA

ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS DE GIRASSOL EM FUNÇÃO DE DIFERENTES
DOSES DE TERRA DIATOMÁCEA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Almeida
Guimarães
Coorientadora: Profa. Dra. Gabrielen De Maria
Gomes Dias

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- F44a Ferreira, Daví Guilherme Bastos.
Aspectos morfofisiológicos de girassol em função de diferentes doses de terra diatomácea / Daví
Guilherme Bastos Ferreira. – 2022.
29 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências
Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães.
Coorientação: Profa. Dra. Gabrielen De Maria Gomes Dias.
1. Helianthus annus. 2. Silício. 3. Aspectos fisiológicos. I. Título.

CDD 630

DAVÍ GUILHERME BASTOS FERREIRA

ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS DE GIRASSOL EM FUNÇÃO DE DIFERENTES
DOSES DE TERRA DIATOMÁCEA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: 30/11/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Gabrielen De Maria Gomes Dias (Coorientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ms. Caris dos Santos Viana
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ms. Andreza de Melo Mendonça
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

A todos os meus familiares que me deram todo o apoio e colaboração durante esse longo período afastado, com ênfase para minha mãe, irmão e avó – Orlanda Bastos da Silva, Paulo Anatalias Bastos Ferreira e Albertina Alves da Silva– por serem o meu porto seguro nessa vida. Ao meu pai e tios que sempre me ajudaram e nunca deixaram faltar nada.

Aos meus avôs e a minha madrinha - David Bastos, Guilherme Bastos e Francisca Alda - os quais foram muito importantes na formação do meu caráter e que infelizmente não puderam acompanhar essa etapa da minha vida.

Aos meus amigos Maria das Graças, Igor Cavalcante, Jordana Moraes, Katrine Moraes, Victoria Stephanie e Adriano Feitosa, os quais considero como minha família de Fortaleza.

Ao meu orientador, professor Dr. Marcelo de Almeida Guimarães, o qual tenho grande respeito e admiração, além de ser muito grato pela paciência e pelas horas gastas na transferência de seus conhecimentos.

A minha coorientadora, professora Dra Gabrielen De Maria Gomes Dias por todo o suporte durante a execução das pesquisas.

A todos os integrantes que passaram pelo grupo NEON neste período em que participei grupo, em especial aqueles que tive a honra de trabalhar em mais oportunidades: Nailson, Lázaro, Pedro Henrique, Marcos, Bené, Caris, Ronaldo e outros não menos importantes.

A todos os meus amigos da turma de 2017.2 e de outros semestres, sendo muito grato pela convivência e pela troca de experiências. Com destaque para: Marcos Adriano, Luiz Carlos, Felipe Maxwell, Wembley Albertânio, Douglas Hermínio, Darlan Alexandrino, Bruna Almeida, Kézia Rolin, Iana Mendes, Isadora Portelinha, Leonardo Cantudo, Edgar Alves, Ramony Kelly, Emanuel Magalhães, Paulo Marcelo, Tainá Cunha e Elvis Mardônio.

Um agradecimento especial ao meu grande amigo Israel Oliveira, que é como um irmão. Meu irmão de Fortaleza.

A todos os professores do curso de agronomia da UFC.

RESUMO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma oleaginosa cultivada em todo mundo e de grande importância por seus diversos usos. No Brasil, essa espécie não é considerada uma das principais culturas agrícolas pelos produtores, sendo mais cultivada na entressafra das *commodities* agrícolas, soja e milho. Tal realidade pode ser alterada, já que o girassol tem ganhado destaque, principalmente, no que se refere ao uso de seu óleo como biocombustível. No entanto, para tornar essa cultura mais atrativa e economicamente interessante para os produtores, pesquisas devem ser conduzidas com foco no aumento de sua eficiência econômica, ou seja, aumento de produtividade com redução de custos. É dentro deste contexto que se inserem pesquisas que busquem avaliar o uso e a concentração de fertilizantes e minerais a serem aplicados nas culturas. Dentre os fertilizantes existentes, a Terra Diatomácea (TD), ainda é pouco estudada como fertilizante. O que se sabe sobre ela é que vem sendo amplamente utilizada em pulverizações para o controle de pragas e doenças em algumas culturas. A TD é rica em silício, um mineral não essencial para as plantas, mas que, quando presente em seus tecidos traz inúmeros benefícios para as culturas. Com base no exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar as características morfológicas nos estádios vegetativo e reprodutivo, e fisiológicas em plantas de girassol submetidas a diferentes concentrações de TD. O estudo foi realizado entre junho e agosto de 2022, em casa de vegetação pertencente à estação agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará. Foram avaliadas seis concentrações (0; 3,0; 6,0; 9,0; 12,0 e 15,0 g Kg⁻¹ de substrato) de TD cuja composição é de 90% de SiO₂ (BioMarkan®). Cada unidade experimental foi composta por um recipiente com volume de 20 litros, preenchidos com 14 Kg de composto orgânico. Utilizou-se sementes da cultivar Multissol (BRSEEDS®), sendo semeadas sete sementes por recipiente. O arranjo experimental foi em delineamento inteiramente casualizado, com 12 repetições, totalizando 72 unidades experimentais. Verificou-se que a única variável que apresentou diferença significativa entre os tratamentos foi o diâmetro de capítulo, sendo este parâmetro morfológico diretamente relacionado com a produtividade. Conclui-se que possivelmente, a baixa solubilidade combinada com as concentrações de Terra Diatomácea utilizadas nesta pesquisa, não foram suficientes para influenciar na maioria dos aspectos morfológicos e fisiológicos avaliados nas plantas de girassol.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L.; silício; aspectos fisiológicos.

ABSTRACT

Sunflower (*Helianthus annus* L.) is an oleaginous plant cultivated all over the world and of great importance for its many uses. In Brazil, this species is not considered one of the main agricultural crops by producers, being more cultivated in the off-season of agricultural commodities, soy and corn. This reality can be changed, since the sunflower has gained prominence, mainly with regard to the use of its oil as biofuel. However, to make this crop more economical and interesting for producers, research must be conducted with a focus on increasing its economic efficiency, that is, increasing productivity with cost reduction. It is within this context that research is inserted that seeks to evaluate the use and concentration of fertilizers and minerals to be applied to crops. Among the existing fertilizers, Diatomaceous Earth (TD) is still little studied as a fertilizer. What is known about it is that it has been widely used in sprays to control pests and diseases in some crops. TD is rich in silicon, a mineral that is not essential for plants, but which, when present in its tissues, brings many benefits to cultures. Based on the above, the objective of this work was to evaluate the morphological characteristics in the vegetative and reproductive, and physiological gains in sunflower plants observed at different concentrations of DT. The study was carried out between June and August 2022, in a greenhouse belonging to the agrometeorological station of the Federal University of Ceará. Six concentrations (0; 3.0; 6.0; 9.0; 12.0 and 15.0 g Kg⁻¹ of substrates) of DT whose composition is 90% SiO₂ (BioMarkan®) were evaluated. Each experimental unit consists of a container with a volume of 20 liters, filled with 14 kg of organic compost. Seeds of the Multissol cultivar (BRSEEDS®) were used, and seven seeds were sown per container. The experimental arrangement was in a completely randomized design, with 12 repetitions, totaling 72 experimental units. It was verified that the only variable that presented a significant difference between the treatments was the capitulum diameter, being this morphological parameter directly related to the productivity. It is concluded that, possibly, the low solubility combined with the concentrations of Diatomaceous Earth used in research, were not enough to influence most of the morphological and physiological aspects evaluated in sunflower plants.

Keywords: *Helianthus annus* L.; silicon; physiological aspects.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1	Origem e distribuição geográfica	11
2.2	Caracteres morfológicos.....	11
2.3	Utilização e importância econômica	13
2.4	Silício	14
3	MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1	Localização do experimento	17
3.2	Delineamento experimental e tratamentos	18
3.3	Meio de crescimento e semeadura	18
3.4	Manejo e controle de insetos, pragas e doenças	18
3.5	Avaliações	19
3.5.1	Avaliações morfológicas	19
3.5.2	Avaliações fisiológicas	20
3.6	Análise estatística	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5	CONCLUSÃO	25
	REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma oleaginosa nativa da América do Norte, sendo que seu cultivo se expandiu por toda a América e posteriormente pelo mundo. A Ucrânia foi o grande produtor desses grãos até 2018, produzindo cerca de 14.165 mil toneladas (27,28%), sendo acompanhada pela Rússia com 12.755 mil toneladas (25,57%). No entanto, desde 2019, a Rússia passou a ser o maior produtor mundial do grão (FAO, 2022).

Dentre as oleaginosas, o girassol passou a ser uma das principais opções para os produtores, especialmente a partir de 2005, quando houve grande interesse devido ao aumento da produção de biodiesel (BACKES *et al.*, 2008). Além de sua utilização pela indústria energética, os grãos do girassol também são utilizados na alimentação humana na forma de grãos *in natura*, tostados, salgados e para a decoração (GAZOLLA *et al.*, 2012).

Suas plantas apresentam vantagens econômicas e agrônômicas, sendo resistentes à seca, a pragas e doenças. Além disso, apresentam rápido ciclo de crescimento com possibilidade de cultivo na entressafra. O girassol pode ser colhido entre 60 e 120 dias após a semeadura (CAVASIN JUNIOR, 2001). De forma geral, essa cultura pode ser plantada em diversos tipos de solos e em condições desfavoráveis, devido a sua rusticidade e capacidade de ser cultivada em consorciação com outras espécies (SANTOS *et al.*, 2013).

Atualmente, o rendimento potencial do girassol no Brasil e no mundo é de, respectivamente, 1,04 - 1,80 t.ha⁻¹ (FAO, 2022). No país, desde o ano de 2013, tem sido verificado decréscimo em área plantada e na produtividade, isso porque há um maior interesse dos produtores por cultivar outras espécies, como a soja e o milho, fazendo com que o girassol seja produzido apenas na entressafra dessas culturas (CONAB, 2022).

Assim, para que as cultivares de girassol possam oferecer produtividade máxima faz-se necessário o desenvolvimento de tecnologias que solucionem os principais problemas enfrentados pela cultura em campo como, por exemplo, o acamamento provocado pela inflorescência e problemas fitossanitários.

Dentro deste contexto, diversos estudos têm relatado os benefícios proporcionados pela aplicação de adubos silicatados em várias culturas, como: Melhoria da arquitetura das plantas (DEREN *et al.*, 1994); Redução dos danos causados por doenças e pragas (LIMA FILHO, 2005); Redução dos danos causados por elementos tóxicos (LIMA FILHO, 2004); e, 4. Melhoria dos processos fisiológicos (YOSHIDA *et al.*, 1962; BALASTRA *et al.*, 1989).

Assim, uma vez que os benefícios provocados pela aplicação do silício vem sendo relatados para várias culturas, diversas fontes desse elemento mineral têm sido testadas e

indicadas em cultivos, a saber: 1. Ácido silícico (ASSIS *et al.*, 2012); 2. Escórias silicatadas (FREITAS *et al.*, 2018; MIRANDA *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2013); 3. Silicato de sódio (LEMOS NETO *et al.*, 2020); 4. Silicato de potássio (MIRANDA *et al.*, 2018); 5. Silicato de Cálcio (SOUZA *et al.*, 2018), dentre outras.

Um material rico em silício, mas ainda pouco utilizado em estudos que objetivem sua maior absorção por plantas é a Terra Diatomácea (TD). A TD é um pó originário de algas diatomáceas de água doce ou marinha (LORINI *et al.*, 2010), sendo utilizada, principalmente, no controle de pragas de grãos armazenados (MARSARO JÚNIOR *et al.*, 2013; ANTUNES *et al.*, 2013).

Com base no exposto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o crescimento e as características morfofisiológicas de plantas de girassol cultivadas em diferentes concentrações de terra diatomácea em casa de vegetação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem e distribuição geográfica

O girassol é uma planta da família Asteraceae, pertencente a ordem Asterales. É uma dicotiledônea cultivada em ciclos anuais que podem variar de 60 a 120 dias. Seu gênero é derivado do grego Helios (sol) e anthus (flor), ou seja, flor do sol. O gênero em questão possui cerca de 49 espécies, sendo 37 perenes e 12 anuais (CAVASIN JUNIOR, 2001).

Estudos iniciais haviam indicado o Peru como sendo o centro de origem do girassol, no entanto, com o desenvolvimento e aprimoramento das pesquisas arqueológicas verificou-se sua utilização por índios norte-americanos, indicando que esta planta já era cultivada nos estados do Arizona e Novo México, a cerca de 3000 a.C. (SELMECZI-KOVACS, 1975). Além da determinação do verdadeiro centro de origem, foi comprovado também que sua domesticação ocorreu, principalmente, no Norte do México e no Sudoeste norte-americano, sendo sua dispersão feita pelos ameríndios, os quais coletavam as plantas para o uso alimentar, medicinal e ou decorativo (GAZZOLA *et al.*, 2012).

2.2 Caracteres morfológicos

Diversos fatores podem afetar a germinação do girassol, como a disponibilidade de água, temperatura e oxigênio. A luz é considerada um amplificador da germinação, já que contribui para superar a dormência (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Em solos com adequadas condições de oxigênio e água, a temperatura é considerada o principal fator que interfere no sucesso da germinação (CONNOR e HALL, 1997). De acordo com Maeda e Ungaro (1985) e Gay *et al.* (1991), as condições mínimas para a germinação dessa cultura variam de 3 a 6 °C, com ótimo em torno de 26 °C e limite inferior à 40 °C.

O girassol cultivado comercialmente possui o sistema radicular pivotante, formado por uma raiz principal bem desenvolvida e por diversas raízes secundárias, aptas a explorar grande volume de solo (BORTOLLINI *et al.*, 2012), possui sensibilidade a solos compactados, apresentando capacidade de penetração em profundidade, porém com poucas restrições químicas e físicas (NASCIMENTO *et al.*, 2012). Seu crescimento é mais acelerado que a parte aérea, principalmente no início do ciclo de crescimento. Antes da emissão das primeiras folhas verdadeiras, sua raiz já alcança de quatro a oito centímetros, com seis a dez raízes secundárias. Quando atinge 4 ou 5 pares de folhas é possível encontrar raízes em profundidades de 50 a 70 centímetros. É durante a floração que a raiz atinge seu máximo tamanho, podendo alcançar até quatro metros de profundidade em solos de textura mais arenosa. No entanto, apesar do grande

tamanho, a profundidade a ser explorada pelo sistema radicular é dependente das características físicas e químicas do solo, sendo que a maior parte (65%) das raízes funcionais é encontrada nos primeiros 0,4 m (ROSSI, 1998).

A parte aérea do girassol é constituída por haste única, sem ramificações, ereta, áspera e pubescente, de formato cilíndrico por toda a extensão do caule (ROSSI, 1998). Dependendo da cultivar utilizada, pode ser destinada ao consumo animal na forma de forragem ou silagem, além de ser uma das opções como adubo verde (NASCIMENTO *et al.*, 2012). Em condições adversas é comum visualizar ramificações laterais que podem gerar novas inflorescências, no entanto, tais estruturas são indesejáveis para a produção de óleo ou sementes. A altura da planta de girassol pode variar de 0,6 a 2,2 m em cultivares comerciais, com o diâmetro do caule entre 1,8 e 5,0 cm, sendo os maiores localizados nas regiões mais próximas da superfície do solo (ROSSI, 1998).

O número de folhas e seus formatos são variáveis de acordo com as condições ambientais e a cultivar, podendo ser alternadas, longopeciouladas, acuminadas, romboides, lanceoladas, dentadas, e com pilosidades em ambas as faces (GAZZOLA *et al.*, 2012). Após a germinação epígea, os cotilédones aparecem de maneira alternada, sendo rapidamente sombreados pelo primeiro par de folhas definitivas devido ao maior desenvolvimento do limbo foliar. Em geral, o par de folhas cotiledonares é romboide, podendo ser lanceoladas com bordas lisas. As primeiras folhas verdadeiras são lanceoladas, como pecíolos e limbo mais desenvolvido e borda serrada. O terceiro par é composto por folhas triangulares, com bordas dentadas e, raramente, codiformes (VRÂNCEANU, 1977).

A partir do terceiro par, as folhas crescem de forma alternada, sendo que a distância entre o primeiro e o segundo nó de folhas alternadas é menor quando comparado em relação ao segundo e terceiro, voltando a diminuir entre os nós logo após a emissão da quarta folha. As folhas alternadas, em geral, são longopeciouladas, cordiformes e bem desenvolvidas. As terminais têm pecíolos menores e conformação triangular, além de tamanho reduzido. As últimas diferenciaram-se em brácteas, sendo seu número total variável entre 12 a 40 a depender das condições ambientais e da cultivar (GAZZOLA *et al.*, 2012).

Ao fim do estágio vegetativo ocorrem diversas alterações na gema apical o que a torna reprodutiva, originando a inflorescência (CÂMARA, 2003). Tal estrutura é conhecida como capítulo e as flores são dispostas por todo o receptáculo. Em geral, o diâmetro do capítulo é variável, podendo ser de 10 a 22 cm (ROSSI, 1998), 6 a 40 cm (CASTIGLIONI *et al.*, 1994), e 20 a 25 cm (CÂMARA, 2003) a depender da cultivar e das condições edafoclimáticas

impostas à planta. O capítulo se divide em: 1. Pedúnculo floral; 2. Receptáculo; 3. Flores; e, 4. Invólucro (ROSSI, 1998). De acordo com Castiglioni *et al.* (1994), o receptáculo pode conter de 100 a 800 flores bissexuadas.

O início do florescimento se dá na periferia do capítulo evoluindo em direção ao centro. A abertura floral ocorre na proporção de 3 a 4 discos de flores ao dia, a depender da temperatura. Tal processo pode levar até 10 dias para se completar quando a temperatura está em torno de 20 °C (RAWSON, 1984). Nesta fase a demanda por água é intensificada, principalmente, em condições de baixa umidade do ar, ventos fortes e temperaturas altas. A baixa disponibilidade de água durante o florescimento acarreta na deiscência do pólen, expulsão das anteras, extensão e redução na receptividade do estigma, tudo isso afetando significativamente a produção de sementes (CONNOR e HALL, 1997).

2.3 Utilização e importância econômica

De acordo com Backes *et al.* (2008), até o ano de 2005, a cultura do girassol era destinada para três objetivos principais: 1. Produção de grão para a extração de óleo comestível; 2. Produção de aquênios para alimentação de pássaros; e, 3. Fabricação de rações. Após o referido ano, passou-se a haver interesse, por parte dos grandes produtores, técnicos e empresas, na utilização do óleo para a fabricação do biodiesel. Além das aplicações mencionadas, Gazolla *et al.* (2012), também cita a utilização dos grãos na alimentação humana, na forma de grãos *in natura* (tostados, salgados e envasados), além da utilização da inflorescência para ornamentação, como outros objetivos para a produção desta espécie.

A produção mundial de girassol cresceu de 47.476 mil para 50.229 mil toneladas no período de 2016 a 2020, tendo seu pico no ano de 2019, quando alcançou pouco mais de 56.000 mil toneladas. A Ucrânia se manteve como maior o produtor mundial do grão até 2018, com 12.775 mil toneladas (27,28%), sendo acompanhada pela Rússia com 12.755 mil toneladas (25,57%). A partir de 2019, a Rússia superou a concorrente com produção de 15.379 mil toneladas contra 15.254 mil, correspondente à 27,45% e 27,22% da produção mundial daquele ano, se mantendo a frente no ano seguinte mesmo com a pandemia de COVID-19 (FAO, 2022).

No Brasil os primeiros relatos da utilização e cultivo de girassol datam do início do século XIX na região sul, sendo as primeiras sementes trazidas por colonizadores europeus que as consumiam torradas ou como chás (PELEGRINI, 1985). Naquela época, sua produção não era eficiente devido à falta de cultivares adaptadas à região e a concorrência com a soja (GAZZOLA, 2012). A produção brasileira de girassol se manteve inexpressiva internamente

até o fim da década de 1970, principalmente devido a competição com culturas mais atraentes como soja, milho, algodão e amendoim. Também as poucas tecnologias disponíveis para o cultivo da cultura contribuíram para essa inexpressividade (PELEGRINI, 1985). No entanto, a partir da década de 70, passou-se a haver maior interesse pela cultura, uma vez que o governo passou a incentivar pesquisas sobre culturas oleaginosas, com o objetivo de se reduzir a utilização do petróleo como combustível (GAZZOLA, 2012).

Apesar do incentivo dado no país, ainda hoje vê-se pouca tradição nacional no cultivo de girassol se comparado aos grandes produtores mundiais. A produção prevista para a safra 2021/2022 foi de 58,5 mil toneladas, o que representa apenas 0,29% da produção mundial. Entre as safras 2013/14 e 2020/21, o cultivo do girassol, no Brasil, apresentou um decréscimo significativo, saindo de aproximadamente 232,7 para 41,1 mil toneladas, respectivamente. Atualmente, os estados brasileiros que mais se destacam na produção do girassol são Goiás e Mato Grosso com, respectivamente, 53,04 e 32,36% da produção nacional, ocupando uma área de 26 mil (65,82%) e 9,8 mil hectares (24,81%) da área total plantada no país (CONAB, 2022).

Sendo assim, apesar de não ser uma cultura de grande expressão nacional, o girassol apresenta características desejáveis, tais como: 1. Cultivo na entressafra; 2. Ciclo rápido; 3. Rusticidade a condições indesejadas; e, 4. Remobilização de minerais perdidos por lixiviação. Além disso, vem se consolidando como alternativa para o cultivo em sucessão às principais culturas, como milho e a soja, além de ser uma das principais opções entre as oleaginosas para a produção de biodiesel, devido ao alto teor de óleo no grão (38 a 50%) (CASTRO *et al.*, 2010). Assim, para que se possa aproveitar toda essa versatilidade apresentada pela cultura, no Brasil, faz-se necessária a reestruturação de seu sistema agroindustrial de produção, sendo fundamental o desenvolvimento de pesquisas que possibilitem a geração de novas tecnologias voltadas ao aumento da produtividade, consequentemente, da área explorada (PERSON, 2012).

Dentro deste contexto, o uso de elementos minerais benéficos na forma de fertilizantes, como o silício, pode ser uma das novas tecnologias a serem empregadas. Esse elemento mineral, quando ministrado de forma eficiente, tem apresentado vários benefícios no cultivo de cereais e oleaginosas em várias regiões produt

ivas do mundo (VILELA, 2009).

2.4 Silício

O silício é o mineral mais abundante na crosta terrestre, sendo o óxido de silício o principal constituinte da maioria dos argilominerais. Apesar disso, em solos tropicais sujeitos a

diversos fatores que aceleram a intemperização, o Si é encontrado basicamente como quartzo, opala ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) e algumas outras formas não disponíveis para as plantas (BARBOSA FILHO *et al.*, 2001). De forma geral, o silício é absorvido pelas plantas na forma de ácido monossilícico $\text{Si}(\text{OH})_4$ (TISDALE *et al.*, 1993). De acordo com MA (2001), os teores de Si na parte aérea das plantas podem ser iguais ou superiores a 10 g Kg^{-1} , sendo este o valor mínimo para uma espécie vegetal ser considerada uma planta acumuladora, especialmente quando o Si é depositado nas folhas.

O silício é comprovadamente essencial para as algas diatomáceas, algumas espécies de vegetais e animais, incluindo os seres humanos. No entanto, de forma geral, as plantas conseguem completar seu ciclo biológico na ausência do silício, sendo, por isso, considerado um elemento agronomicamente não essencial (LIMA FILHO, 2005).

Estudos tem demonstrado que a utilização do silício tem interferido de forma significativa nas relações planta/ambiente, já que essa interação tem proporcionado, às plantas, maior resistência às adversidades climáticas, edáficas e biológicas. Já é comprovado que a utilização do silício interfere positivamente em cultivos sob estresses como: temperaturas extremas, veranicos, metais pesados ou tóxicos. De acordo com Deren *et al.* (1994), a absorção de silício possibilita melhorar a arquitetura das plantas e aumentar sua fotossíntese, sendo esse último explicado por Yoshida *et al.* (1962) e Balastra *et al.* (1989), como sendo o resultado da menor abertura do ângulo foliar, o que reduz o auto sombreamento, principalmente em cultivos muito adensados e submetidos a altas doses de nitrogênio.

A adubação silicatada também aumenta a resistência às doenças fúngicas e pragas, principalmente a insetos mastigadores (LIMA FILHO, 2005). Diversos trabalhos indicam que a aplicação de silício possibilita a redução da infestação de lagartas do gênero *Spodoptera* em plantas de milho (GOUSSAIN *et al.*, 2002) e batata-inglesa (SILVA, 2010). Além dos insetos-praga, esse elemento é destaque na redução da severidade e incidência de doenças em várias culturas (POZZA *et al.*, 2015). Bakhat *et al.* (2018) mencionam que a aplicação de adubos silicatados em cultivos agrícolas promovem resistência às plantas contra mancha marrom (*Bipolaris oryzae*), mancha foliar (*Cercospora kikuchii*), oídio (*Sphaerotheca fuliginea*), antracnose (*Colletotrichum spp.*), ferrugem (*Phakopsora pachyrhizi*) entre outras.

Atualmente, há várias fontes de silício que já são utilizadas em pesquisas, como ácido silícico em batata inglesa (ASSIS *et al.*, 2012); escórias silicatadas (Agrosilício) em repolho (FREITAS; JUNQUEIRA; MICHEREFF FILHO, 2012; MIRANDA *et al.*, 2018) e tomateiro (SANTOS; JUNQUEIRA; FREITAS, 2013), silicato de potássio em repolho (MIRANDA *et*

al., 2018), silicato de sódio em alface (LEMOS NETO *et al.*, 2020) dentre outras. No entanto, uma outra fonte de silício, ainda pouco estudada em condições de campo e relativamente mais barata se comparada às demais fontes é a “Terra Diatomácea”, um pó inerte proveniente de algas diatomáceas fossilizadas que são de origem marinha ou de água doce, sendo a sílica seu principal constituinte (LORINI *et al.*, 2010).

De forma geral, sua utilização tem sido mais frequente para a o controle de pragas de grãos armazenados, como *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: *Chrysomelidae*) (MARSARO JÚNIOR; OLIVEIRA JÚNIOR; PEREIRA, 2013) e *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: *Curculionidae*) (ANTUNES *et al.*, 2013). O princípio de seu uso é baseado na capacidade desse material em aderir a epicutícula dos insetos, o que causa abrasão pelos cristais, sendo que, além dos danos físicos, a adsorção das partículas leva ao rompimento da camada lipídica protetora, o que causa aumento da desidratação corporal e morte dos insetos (LORINI *et al.*, 2010; KORUNIC *et al.*, 2016).

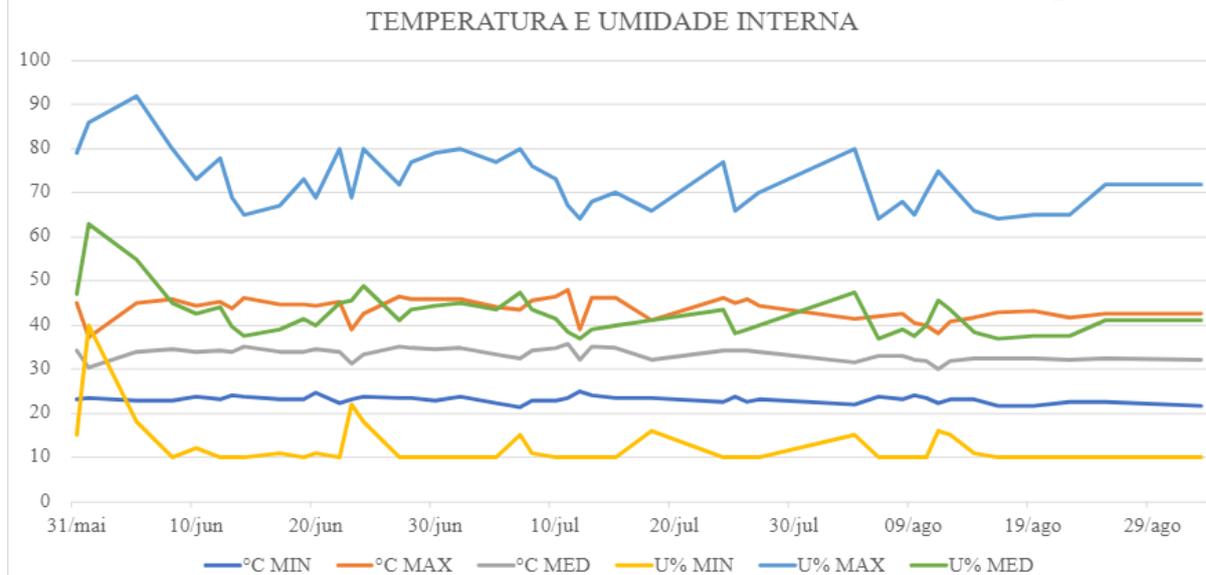
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

O trabalho foi conduzido em Casa de Vegetação localizada na Estação Agrometeorológica do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (UFC), em Fortaleza - CE, com coordenadas geográficas 04° 15' 26'' de latitude sul e 39° 25' 18'' de longitude oeste. Segundo a classificação de Köppen o clima da região é do tipo Aw', tropical chuvoso.

Com o uso de um termohigrômetro (modelo 7664.01.0.00, Marca Incoterm) determinaram-se as temperaturas e umidades máximas e mínimas diárias, dentro da casa de vegetação, ao longo de todo o experimento. Esses dados são apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Temperatura e umidade, máximas e mínimas, durante o ciclo da cultura, de girassol cultivada com diferentes concentrações de terra diatomácea, dentro da casa de vegetação.



Fonte: Adaptado pelo autor.

O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento, modelo regulável, sendo que a irrigação foi realizada todos os dias no período da manhã, com tempo de rega de aproximadamente 15 minutos, totalizando um volume diário de 4 litros por vaso.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, no qual os tratamentos foram compostos por diferentes doses de silício orgânico na forma de Terra Diatomácea (90% de SiO₂, BioMarkan®) nas seguintes concentrações por quilo de substrato: T0 (controle); T1 (3,0 g Kg⁻¹); T2 (6,0 g Kg⁻¹); T3 (9,0 g Kg⁻¹); T4 (12,0 g Kg⁻¹); T5,0 (15 g Kg⁻¹). Foram conduzidas

doze repetições por tratamento, totalizando 72 parcelas (vasos), sendo que cada vaso foi preenchido com 14 Kg de substrato. O espaçamento utilizado foi de 0,6 m entre vasos e 0,9 m entre linhas de cultivo, sendo a área total 72 m².

3.3 Meio de crescimento e semeadura

Para o desenvolvimento do experimento, foram utilizados recipientes plásticos de 20 L de capacidade, preenchidos com substrato formado a partir de esterco de gado e restos vegetais diversos compostados organicamente na Horta Didática pertencente ao Departamento de Fitotecnia da UFC. Para a determinação das características físico-químicas desse material, foi realizada uma amostragem composta, aproximadamente, um mês antes da instalação do experimento, sendo então obtida uma amostra simples que foi enviada ao Laboratório de Solos de Viçosa, em Viçosa-MG.

O resultado da análise mostrou as seguintes características químicas do substrato utilizado: pH (água) = 7,4; P = 1,03%; K⁺ = 0,16%; Ca²⁺ = 6,1%; Mg²⁺ = 0,25%; N = 0,42%; S = 0,3% CO = 2,8%; Na = 0,025%; Zn = 125,6 ppm; Fe = 6688 ppm; Mn = 149,6 ppm; Cu = 17,6 ppm e B = 21,08 ppm.

As doses foram aplicadas às unidades experimentais 3 dias antes da semeadura, sendo incorporados de forma manual e individual ao substrato. Após o preparo dos recipientes de cultivo, procedeu-se com a semeadura da cultura do girassol, cultivar Multissol (BRSEEDS®), no dia 31 de maio de 2022 a uma profundidade de 2 cm. Foram semeadas 7 sementes por repetição, sendo realizado o desbaste aos 14 dias após a semeadura (DAS). Deixou-se apenas a planta mais vigorosa e com aspecto sadio por repetição. Considerou-se como vigorosas e de aspecto sadio as plantas que apresentavam maior comprimento de parte aérea, maior número de folhas, ausência de manchas nas folhas e caule, maior área aparente de folhas e ausência de enrolamento no limbo foliar.

3.4 Manejo de insetos polinizadores, pragas e doenças

Devido a necessidade da presença de polinizadores para que a cultura do girassol produza de forma mais eficiente, no início da abertura floral, que ocorreu aos 41 DAS, foi colocado no exterior da casa de vegetação, próximo a porta de entrada, duas caixas de abelhas sem ferrão da espécie *Scaptotrigona depilis* até os 73 DAS.

Ao longo do ciclo da cultura observou-se infestação de insetos e outras pragas nas plantas, sendo ácaros, cochonilhas, mosca branca e lagartas as mais recorrentes. Para a identificação das

pragas a nível de espécie ou família, coletou-se amostras que foram destinadas ao laboratório de Entomologia do Departamento de Fitossanidade da UFC, sendo as seguintes espécies identificadas, *Chrysodeixis includens* (lagarta) e *Bemisia tabaci* (mosca branca), além de ácaros da família *Tetranychidae* e cochonilhas (não identificadas).

O aparecimento e o pico da infestação das pragas foram em momentos distintos do ciclo da cultura. As cochonilhas apresentaram maior incidência nos primeiros 30 DAS, causando deformações na gema apical de algumas plantas. A infestação por ácaros começou a ocorrer a partir dos 45 DAS, sendo controlados semanalmente. As lagartas e moscas brancas surgiram após a abertura dos capítulos, momento em que a casa de vegetação estava sendo mantida aberta para a entrada de abelhas polinizadoras.

Para o controle das pragas, aos 24 DAS aplicou-se o inseticida sistêmico e de contato Lannate®, do grupo químico metilcarbamato de oxima, com formulação do tipo Concentrado Solúvel (SL), na dose de 15ml.15L⁻¹. Para o controle dos ácaros, aplicou-se o acaricida Kumulus®, pertencente ao grupo químico Enxofre inorgânico com formulação do tipo Grânulos dispersíveis em água (WG), na dose 35g.10L⁻¹ aos 49, 52 e 62 DAS. Aos 74 DAS aplicou-se uma combinação de defensivos para o controle dos ácaros, cochonilhas e lagartas, que haviam se disseminado na área de cultivo após os 65 DAS. Para essa aplicação, utilizou-se a mistura de Lannate®, Assist® e Karate®, nas doses de 15, 115 e 10ml.15L⁻¹, respectivamente. O Assist® é um adjuvante, inseticida e acaricida de contato, do grupo químico dos hidrocarbonetos alifáticos com formulação do tipo concentrado Emulsionável – EC. O Karate® é um inseticida de contato e ingestão do grupo químico piretroide, com formulação tipo suspensão de encapsulado (CS).

3.5 Avaliações

Foram realizadas avaliações quantitativas para características morfológicas e fisiológicas das plantas. Descritas a seguir:

3.5.1 Avaliações morfológicas

A altura das plantas foi obtida com o auxílio de uma régua graduada em centímetros na primeira avaliação e com uma trena nas demais, sendo considerada a medida da distância vertical da base da planta (região do coleto) até a extremidade de sua gema apical. Esta medida foi realizada aos 31 e 52 DAS e no momento da colheita dos capítulos, aos 90 ou 97 DAS de

acordo com a maturidade fisiológica das sementes. A contagem do número de folhas foi realizada através de contagem direta nas plantas aos 13, 31 e 53 DAS.

Os capítulos foram colhidos, identificados e, posteriormente, levados para o laboratório de Olericultura do Departamento de Fitotecnia da UFC. Avaliaram-se as seguintes variáveis: 1. Dias para abertura completa do capítulo; 2. Número de pétalas por capítulo; e, 3. Diâmetro do capítulo no dia da abertura e na colheita.

O número de dias para a abertura do capítulo foi obtido por meio de visualizações diárias; o número de pétalas foi determinado por contagem visual, sendo que as pétalas foram contabilizadas no dia da abertura total do capítulo; o diâmetro do capítulo foi determinado por meio de um paquímetro digital graduado em milímetros (Marca Mtx® modelo 31619).

3.5.2 Avaliações fisiológicas

Para a realização das análises fisiológicas foi utilizado um analisador de gás infravermelho (IRGA), (modelo LI6400XT, LI-COR, Biosciences In. Lincon, Nebraska (USA)). Os dados foram obtidos aos 42 DAS no período da manhã, sendo utilizada a quarta folha totalmente expandida na porção terminal da parte aérea. Foram determinados os fatores fisiológicos: fotossíntese líquida (A - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s - $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração (E - $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração de CO_2 interno (C_i - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$) e a razão entre a concentração interna de CO_2 e do ambiente (C_i/C_a).

3.6 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F), com comparação de médias pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise de variância, observa-se que não houve diferença significativa, entre os tratamentos, para todas as variáveis morfológicas vegetativas analisadas (TABELA 1).

Tabela 1 – Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), altura de plantas (AP), e diâmetro do caule (DC) de plantas de girassol cultivadas em substrato enriquecido com diferentes concentrações de terra diatomácea em casa de vegetação. Fortaleza, CE, UFC, 2022.

Fontes de Variação	Quadrados Médios							
	GL	NF1	NF2	AP1	AP2	DC1	DC2	DC3
Tratamentos	5	0,239 ^{ns}	0,800 ^{ns}	0,278 ^{ns}	0,5637 ^{ns}	0,1655 ^{ns}	0,346 ^{ns}	0,218 ^{ns}
Repetições	11	0,121 ^{ns}	0,215 ^{ns}	0,206 ^{ns}	0,0594 ^{ns}	0,0027 ^{ns}	0,204 ^{ns}	0,048 ^{ns}
Resíduo	55	-	-	-	-	-	-	-
C.V. (%)	-	13,36	14,68	19,14	13,07	10,78	10,74	10,75

CV = Coeficiente de variação; GL = Grau de liberdade; * = significativo pelo teste F a 5% e; ns = não significativo pelo teste F a 5%. NF1 e NF2: número de folhas aos 13 e 31 DAS, respectivamente; AP1 e AP2: altura das plantas aos 31 e 90 dias, respectivamente; DC1, DC2 e DC3: diâmetro do caule aos 31, 52 e 90 DAS, respectivamente.

Para as variáveis morfológicas relacionadas ao estágio reprodutivo das plantas, verificou-se diferença significativa apenas para o diâmetro do capítulo (TABELA 2).

Tabela 2 – Resumo da análise de variância para número de dias para abertura da inflorescência (NDAI), diâmetro do capítulo (DCAP) e número de pétalas (NP) de plantas de girassol cultivadas em substrato enriquecido com diferentes concentrações de terra diatomácea em casa de vegetação. Fortaleza, CE, UFC, 2022.

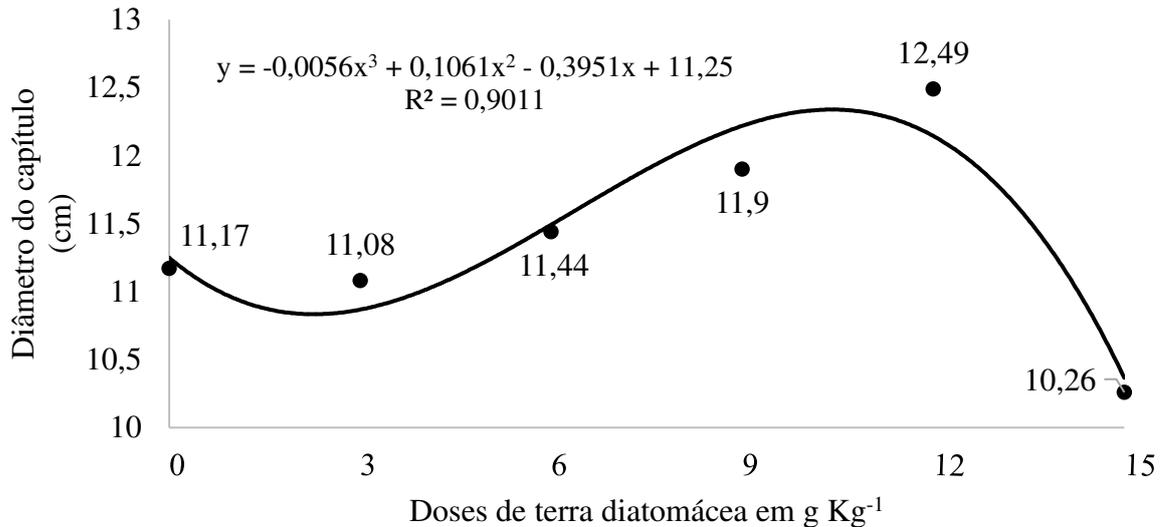
Fontes de Variação	Quadrados Médios			
	GL	NDAI	DCAP	NP
Tratamentos	5	0,6736 ^{ns}	0,0646*	0,2837 ^{ns}
Repetição	11	0,5358 ^{ns}	0,1258*	0,4345 ^{ns}
Resíduo	55	-	-	-
C.V. (%)	-	9,46	15,50	12,86

CV = Coeficiente de variação; GL = Grau de liberdade; * = significativo pelo teste F a 5% e; ns = não significativo pelo teste F a 5%.

Para o diâmetro do capítulo (DCAP) pode-se observar que os maiores valores foram verificados para as plantas submetidas à concentração 12 g Kg⁻¹, com valor médio de 12,49 cm

por planta. Com base nos resultados determinados para o DCAP, foi possível realizar uma análise de regressão com ajuste polinomial de ordem cúbica e confiabilidade de 90,11% (FIGURA 2).

Figura 2 – Análise de regressão polinomial de ordem cúbica de plantas de girassol cultivadas em substrato enriquecido com diferentes concentrações de Terra Diatomácea em casa de vegetação Fortaleza, CE, UFC, 2022.



Fonte: Adaptado pelo autor

Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Silva *et al.* (2005) e Oliveira *et al.* (2013) que, trabalhando com fontes diferentes de silício, silicato de potássio (K_2SiO_3) e silicato de cálcio e magnésio ($CaSiCO_3$ e $MgSiCO_3$), respectivamente, obtiveram aumento do diâmetro médio das inflorescências do girassol com o aumento das concentrações de silício. Comportamento semelhante também foi encontrado por Kamenidou *et al.* (2008), que verificaram correlação positiva entre a concentração de silício e o diâmetro do capítulo. No entanto, esses pesquisadores também verificaram aumento na altura das plantas, o que não foi observado neste trabalho. Já Carvalho *et al.* (2009), utilizando como fontes de Si o K_2SiO_3 não encontraram diferença significativa para o DCAP.

De todas as variáveis morfológicas analisadas, o DCAP é considerado determinante para a capacidade produtiva do girassol. Pivetta *et al.* (2020), avaliando híbridos dessa espécie e a relação entre os parâmetros produtivos e qualitativos, verificou que as plantas que apresentavam valores superiores para a variável diâmetro do capítulo, também apresentaram maiores massas de grãos por capítulo, número de grãos por capítulo, produtividade e rendimento de óleo. Infelizmente, tais resultados não foram possíveis avaliar neste trabalho, o que pode estar

relacionado a três fatores principais que podem estar ou não associados. No primeiro a falta de resposta pode estar ligada ao uso de uma fonte de Si que apresenta baixa solubilidade (CARVALHO *et al.*, 2009). De acordo com Gunes *et al.* (2018), a absorção do ácido monossilícico na cultura do girassol pode ocorrer nas formas passiva ou ativa, sendo que a concentração do mineral aplicado é o fator determinante para o tipo de transporte, havendo redução da absorção por fluxo de massa em baixas concentrações. Na segunda, as doses utilizadas da fonte de Si podem não ter sido suficientes para causar alterações entre os tratamentos. Já na terceira, essa falta de resposta pode estar relacionada a uma possível deficiência na polinização das plantas dentro da casa de vegetação. Segundo Morgado *et al.* (2002), o girassol depende da presença de polinizadores por ser uma planta alógama, necessitando que haja polinização cruzada. Moreti *et al.* (1989) e Silva *et al.* (1990), verificaram que a associação com as abelhas possibilita ganhos em produtividade entre 4 a 6 vezes quando comparado às plantas ensacadas.

Para as características fisiológicas avaliadas também não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos (TABELAS 3 e 4).

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para fotossíntese líquida (*A*), condutância estomática (*gs*), concentração de CO₂ na câmara subestomática (*CI*), taxa de transpiração (*E*), razão entre a concentração de CO₂ na câmara subestomática e a concentração de CO₂ no ambiente (*CI/CA*) aos 42 DAS de plantas de girassol cultivadas em substrato enriquecido com diferentes concentrações de terra diatomácea em casa de vegetação. Fortaleza, CE, UFC, 2022.

Fontes de Variação	Quadrados Médios					
	GL	<i>A</i>	<i>gs</i>	<i>CI</i>	<i>E</i>	<i>CI/CA</i>
Tratamentos	5	0,6463 ^{ns}	0,1898 ^{ns}	0,4088 ^{ns}	0,4513 ^{ns}	0,4521 ^{ns}
Repetições	11	0,1849 ^{ns}	0,0451 ^{ns}	0,0994 ^{ns}	0,5415 ^{ns}	0,0988 ^{ns}
Resíduo	55	-	-	-	-	-
C.V. (%)		11,01	10,77	5,84	9,51	5,44

CV = Coeficiente de variação; GL = Grau de liberdade; * = significativo pelo teste F a 5% e; ns = não significativo pelo teste F a 5%.

Apesar dos resultados fisiológicos obtidos nesta pesquisa não terem sido significativos entre os tratamentos, de acordo com Heckman (2013), a presença do silício na parte aérea das plantas causa a redução da abertura do ângulo foliar, tornando-as mais eretas, promovendo maior absorção de CO₂ e diminuindo o auto sombreamento, o que faz com que haja um aumento no teor de clorofila e na eficiência fotossintética, portanto, aumentando a produtividade. Além disso, a deposição do silício nas regiões de intensa perda de água, próximo às células guardas

dos estômatos, leva ao melhor aproveitamento da água, melhorando a estrutura da planta e diminuindo o acamamento (BYBORDI, 2012; ALI *et al.*, 2013; MATEOS; ANDRADES; DAVY, 2013; SHI *et al.*, 2013). Todos esses resultados reforçam a ocorrência de pelo menos duas hipóteses já levantadas, a de que a terra diatomácea possa ter apresentado baixa solubilidade no substrato e ou que sua aplicação foi realizada em baixas doses, não sendo suficientes para causar efeito significativo nas plantas de girassol, cv. Multissol.

Tabela 4 - Valores médios da fotossíntese líquida (*A*), condutância estomática (*gs*), concentração de CO₂ na câmara subestomática (*CI*), taxa de transpiração (*E*), razão entre a concentração de CO₂ na câmara subestomática e a concentração de CO₂ no ambiente (*CI/CA*) aos 42 DAS de plantas de girassol cultivadas em substrato enriquecido com diferentes concentrações de Terra Diatomácea em casa de vegetação. Fortaleza, CE, UFC, 2022.

Tratamentos g Kg ⁻¹	<i>A</i> μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹	<i>gs</i> mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹	<i>CI</i> μmol CO ₂	<i>E</i> mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹	<i>CI/CA</i>
0	33,45 a	0,678 a	283,04 a	9,27 a	0,751 a
3	34,26 a	0,615 a	272,80 a	8,90 a	0,728 a
6	32,69 a	0,606 a	275,54 a	8,73 a	0,731 a
9	36,19 a	0,603 a	264,29 a	8,60 a	0,708 a
12	34,54 a	0,618 a	272,25 a	8,59 a	0,725 a
15	33,14 a	0,573 a	266,61 a	8,28 a	0,710 a
C.V. (%)	11,01	10,77	5,84	9,51	5,44

1 Tratamentos: T0 (controle); T1 (3 g/Kg); T2 (6 g/Kg); T3 (9 g/Kg); T4 (12 g/Kg); T5 (15 g/Kg). Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste “t”, a 5% de probabilidade.

5 CONCLUSÃO

A baixa solubilidade, possivelmente combinada com baixas concentrações de terra diatomácea, não interferiram na maioria dos aspectos morfológicos, fisiológicos e quantitativos avaliados para as plantas de girassol cv. Multissol.

REFERÊNCIAS

- ALI, M. A. M.; RAMEZANI, A.; FAR, S. M.; ASILAN, K. S.; MORADI-GHAHDERIJANI, M.; JAMIAN, S. S. **Application of silicon ameliorates salinity stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants**. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. v. 6, n. 20, p.1367-1372, 2013. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20143069351>. Acesso em: 20 out. 2022.
- ANTUNES, L. E. G.; FILHO, E. F.; GOTTARDI, R.; SANT'ANA, J.; DIONELLO, R. G. **Efeito da dose e exposição à terra de diatomácea de diferentes insetos em milho armazenado**. Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo, v. 80, n.2, p. 169-176, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aib/a/XZNSrs6ctdyjDrhYwVfFgFL/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 21 out. 2022.
- ASSIS, F. A.; MORAES, J. C.; SILVEIRA, L. C. P.; FRANÇOSO, J.; NASCIMENTO, A. M.; ANTUNES, C. S. **Inducers of resistance in potato and its effects on defoliators and predatory insects**. Revista Colombiana de Entomologia, Bogotá, v.38, n.1, p.30-34, 2012. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-04882012000100005&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 23 out. 2022.
- BACKES, R. L.; SOUZA, A. M.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; GALOTTI, G. J. M. BAVARESCO, A. **Desempenho de cultivares de girassol em duas épocas de plantio de safrinha no planalto norte catarinense**. Scientia Agraria, Curitiba, v.9, n.1, p.41-48, 2008. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/10131>. Acesso em: 20 out. 2022.
- BAKHAT, H. F.; BIBI, N.; ZIA, Z.; ABBAS, S.; HAMMAD, H. M.; FAHAD, S.; SAEED, S. **Silicon mitigates biotic stresses in crop plants: A review**. Crop Protection, [S. l.], v. 104, n. March 2017, p. 21–34, 2018. Disponível em: Acesso em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219417302946?casa_token=xRAB2kzdbvAAAAAA:sjDCV8kmbJCsT8ScprqL_5c6eBzWkfoTAxSNuCbDDrbNa13adSzS1c4Xi e31KcoiIaQZi3S-kg. Acesso em: 22 out. 2022.
- BALASTRA, M. L. F.; PEREZ, C. M.; JULIANO, B. O.; VILLAREAL, C. P. **Effects of sílica level on some properties of *Oriza sativa* straw and hult**. Can. J. Bot., 67:2356-63, 1989. Disponível em: <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.1139/b89-301>. Acesso em: 22 out. 2022.
- 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**. R. Bras. Ci. Solo, 25:325-30, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/Dg45m9gdjczL5MKKcMw9hk/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 21 out. 2022.
- BYBORDI, A. **Effect of ascorbic acid and silicium on photosynthesis, antioxidant enzyme activity, and fatty acid contents in canola exposure to salt stress**. Journal of Integrative Agriculture, Beijing, v. 11, n. 10, p. 1610-1620, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095311912601646>. Acesso em: 18 out. 2022.

CÂMARA, G. M. S. **Girassol: Tecnologia da Produção**. In: _____. LPV 0506: Plantas Oleaginosas. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Produção Vegetal, 2003. p. 153-180.

CARVALHO, M. P.; ZANÃO JUNIOR, L. A.; GROSSI, J. A. S.; BARBOSA, J. G. **Silício melhora produção e qualidade do girassol ornamental em vaso**. *Ciência Rural*, v.39, p.2394-2399, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/pFDWnYPfxnJ9CjCwL7qhLMr/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 19 out. 2022.

CARVALHO, N. M. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 2014. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, 2014.

CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; CASTRO, C. SILVEIRA, J. M. **Fases de desenvolvimento da planta do girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1994. 24p. (Documentos n.58). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/445797/1/doc059.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.

CASTRO, A. M. G.; LIMA, S. M. V.; SILVA, J. F. V. **Complexo Agroindustrial de biodiesel no Brasil: Competitividade das cadeias produtivas de matérias-primas**. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2010. p. 376-420.

CAVASIN JÚNIOR, C. P. **A cultura do girassol**. Guaíba, Agropecuária, 2001. 69 p.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Girassol**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em 03/11/2022.

CONNOR, D. J.; HALL, A. J. **Sunflower physiology**. In: SCHNEITER, A. A.; GERALD, J. S.; BARTELS, J. M. **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p. 113-182. (Agronomy monograph, v. 35). Disponível em: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronmonogr35.c4>. Acesso em: 21 out. 2022.

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 Sci.*, 34:733-37, 1994. Disponível em: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci1994.0011183X003400030024>. Acesso em: 18 out. 2022.

FAOSTAT – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS. **Área colhida, rendimento e produção nos principais países produtores de girassol**. Disponível em: <<https://www.fao.org/home/en>>. Acesso em: 21 out. 2022.

FREITAS, L. M.; JUNQUEIRA, A. M. R. **Potencial de uso do silício no manejo integrado da traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella*, em plantas de repolho**. *Revista Caatinga*, Mossoró, v.25, n.1, p. 8-13, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/1710>. Acesso em: 21 out. 2022.

GAY, C.; CORBINEAU, F.; COME, D. **Effects of temperature and oxygen on seed germination and seedling growth in sunflower (*Helianthus annuus* L.)**. *Environmental and Experimental Botany*, Elmsford, v. 31, p. 193-200, 1991. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0098847291900705>. Acesso em: 24 out. 2022.

GAZZOLA, A.; FERREIRA JUNIOR, C. T. G.; CUNHA, D. A.; CORTOLINI, E.; PAIAO, G. D.; PRIMIANO, I. V.; PESTANA, J.; D'ANDRÉA, M. S. C.; OLIVEIRA, M. S. **A cultura do girassol**. Piracicaba-SP. Junho de 2012. Disponível em: https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/culturas_anuais/livros/A%20CULTURA%20DO%20GIRASSOL.pdf. Acesso em: 24 out. 2022.

GOUSSAIN, M. M.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J. G.; NOGUEIRA, N. L.; ROSSI, M. L. **Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)**. *Neotropical Entomology*, v.31, n.2, p.305-310, abr/jun 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ne/a/yLrQhcN6mSjXTwfQrrXHmtr/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 21 out. 2022.

GUNES, A.; PILBEAN, D. J.; INAL, A.; COBAN, S. **Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, I: Growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation**. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.39, n.13-14, p.1885-1903, 2008.

HECKMAN, J. **Silicon: a beneficial substance**. *Better crops*, v. 97, n. 4, p. 14-16, 2013. Disponível em: <file:///C:/Users/Dell/Downloads/BC2013-4p14.pdf>. Acesso em: 22 out. 2022.

KAMENIDOU, S.; TODD, J. C.; MAREK, S. **Silicon supplements affect horticultural traits of greenhouse-produced ornamental sunflowers**. *HortScience*, v. 43, n. 1, p. 236-239, 2008. Disponível em: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/43/1/article-p236.xml>. Acesso em: 20 out. 2022.

KORUNIĆ, Z.; ROZMAN, V.; LISKA, A.; LUCÍĆ, P. **A review of natural insecticides based on diatomaceous earths**. *Poljoprivreda, Osijek*, v. 22, n.1, p. 10-18, 2016. Disponível em: <https://hrcak.srce.hr/clanak/235949>. Acesso em: 21 out. 2022.

LEMOS NETO, H. S.; GUIMARÃES, M. A.; SAMPAIO, I. M. G.; RABELO, J. S.; VIANA, C. S.; MESQUITA, R. O. **Can silicon (Si) influence growth, physiology and postharvest quality of lettuce?** *Australian Journal Of Crop Science*, v. 14, n.1, p. 71-77, 2020. Disponível em: <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/informit.098810665208687>. Acesso em: 23 out. 2022.

LIMA FILHO, O F. **O Silício é um Fortificante e Antiestressante Natural para as Plantas**. OESTE, Embrapa Agropecuária. 2005. Disponível em: <http://silifertil.com.br/download-de-artigos/silicio02.pdf>. Acesso em: 22 out. 2022.

LORINI, I.; KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. D. B.; HENNING, A. A. **Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento – Série Sementes**. Circular Técnica Embrapa, Londrina, n.73, p.1-10, 2010. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/577459/1/artigo02.pdf>. Acesso em: 21 out. 2022.

MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. **Silicon as a beneficial element for crop plant.** In: **Silicon in Agriculture**. Edited by DATNOFF, L. E. *et al.* New York: Elsevier science. p. 17-39, 2001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0928342001800069>. Acesso em: 21 out. 2022.

MAEDA, J. A. *et al.* **Study of sunflower seeds dormancy.** In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 1985. Mar dei Plata. Proceedings Mar dei Plata: Asociación Argentina de Girasol, 1985. V. 11, n. 1, p.73-79.

MARSARO JÚNIOR, A. L.; OLIVEIRA JUNIOR, M. C. M.; SILVA PEREIRA, P. R. V. **Eficiência da terra de diatomácea no controle de Callosobruchus maculatus (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) em feijão-caupi armazenado.** Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais, Curitiba, v. 11, Supl. 2, p. S13-S18, 2013. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/cienciaanimal/article/view/11228>. Acesso em: 19 out. 2022.

MATEOS, N. E.; MORENO, L. A.; DAVY, A. J. **Silicon alleviates deleterious effects of high salinity on the halophytic grass *Spartina densiflora*.** Plant Physiology and Biochemistry, Paris, v. 63, n. 1, p. 115-121, 2013. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0981942812003245?casa_token=hAmhkc-a-BjEAAAAA:Hbr3RT-QFN39ovu_NS3ut8b8JsWxsveIaTtHJeRILp06ZRIx9AUr9fUljfTMt5xng2mI4LBXn24. Acesso em: 18 out. 2022.

MIRANDA, P. S.; SANTOS, J. R. E.; MORAES, T. R.; MALUF, R. P. **Efeito do silício no cultivo e pós-colheita do repolho.** Revista Brasileira de Agroecologia, Porto Alegre, v.13, n.2, p.30-35, 2018. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/rbagroecologia/article/view/20898>. Acesso em: 20 out. 2022.

MORETI, A. C. **Estudo sobre a polinização entomófila do girassol (*Helianthus annuus* L.) utilizando diferentes métodos de isolamento da flora.** 1990. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

MORGADO, L.N.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B.; SANTANNA, M. P. **Fauna de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) nas flores de girassol *Helianthus annuus* L., em Lavras-MG.** Ci. Agrot., Lavras, v.26, n.6, p.1167-1177, 2002.

NASCIMENTO, N. V. **Efeito residual da adubação orgânica no crescimento do girassol.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande, 2012.

NEVES, M. B.; BUZETTI, S.; CASTILHO, R. M. M.; BOARO, C. S. F. **Desenvolvimento de plantas de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.) em vasos, em dois substratos com solução nutritiva e em solo.** Científica, v.33, p.127-133, 2005. Disponível em: <https://cientifica.dracena.unesp.br/index.php/cientifica/article/view/41>. Acesso em: 20 nov. 2022.

OLIVEIRA, J. T. L.; CAMPOS, V. B.; CHAVES, L. H. G.; GUEDES FILHO, D. H. **Crescimento de cultivares de girassol ornamental influenciado por doses de silício no solo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, p. 123-128, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/fJ4KWPrZwdKfQL7gGPm3Kf/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 24 out. 2022.

PELEGRINI, B. **Girassol: uma planta solar que das américas conquistou o Mundo.** São Paulo: Ícone, 1985. 117p.

PERSON, L. C. **A cultura do girassol como estratégia de competitividade para o agronegócio regional e nacional: importância para a agroenergia e a alimentação.** 2012. 129 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Agroenergia) - Fundação Getulio Vargas, São Paulo, 2012.

PIVETTA, L. G.; GUIMARAES, V. F.; FIOREZE, S. L.; PIVETTA, L. A.; CASTOLDI, G. **Avaliação de híbridos de girassol e relação entre parâmetros produtivos e qualitativos.** Revista Ciência Agronômica, 43, 561-568, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/VdMwhjzKpJsNMqcrHzhWdMh/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20 out. 2022.

POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; BOTELHO, D. M. S. **Silicon in plant disease control.** Revista Ceres. v.62, n.3, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562030013>. Acesso em 16/11/2022.

RAWSON, H. M.; DUNSTONE, R. L.; LONG, M. J.; BEGG, J. E. **Canopy development, light interception and seed production in sunflower as influenced by temperature and radiation.** Australian Journal of Plant Physiology, Melbourne, V. 11, p. 255-65, 1984. Disponível em: <https://www.publish.csiro.au/fp/PP9840255>. Acesso em: 23 out. 2022.

ROSSI, R. O. (1998). **Girassol.** Tecnoagro, 1998.

SANTOS, J. F. *et al.* **Comportamento produtivo do girassol em função de doses de nitrogênio.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 8, n. 2, p. 40, 2013. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7395427>. Acesso em: 22 out. 2022.

SANTOS, M. C.; FREITAS, L. M. **Efeito do silício, nitrogênio e potássio na incidência da traça-do-tomateiro em plantas para processamento industrial.** Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, Viçosa, v.3, n.2, p.19-24, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/2804>. Acesso em: 18 out. 2022.

SELMECZI-KOVACS, A. **Akklimatisation und verbreitung der sonnenblume in Europa.** Acta Ethnographica Academiae Hungaricae, Budapest, v.24, n. 1-2, p.47-88, 1975.

SHI, Y.; WANG, Y.; FLOWERS, T. J.; GONG, H. **Silicon decreases chloride transport in rice (*Oryza sativa* L.) in saline conditions.** Journal of Plant Physiology, Jena, v. 170, n. 9, p. 847–853, 2013. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0176161713000990?casa_token=YE1OJI

UKRLEAAAAA:IXYGfHjDV6tBwXrdZmM-I-pMB4WpZgSIFfocyF99_FIKjWKvkmfsa0jbXir6pC8ivPWJLvH_NRY. Acesso em: 20 out. 2022.

SILVA, M. N. **A cultura do girassol**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 67 p.

SILVA, V. F.; MORAES, J. C.; MELO, B. M. **Fontes de silício na indução de de resistência a insetos praga e no desenvolvimento de plantas de batata inglesa**. Revista Brasileira de Agroecologia, v.5, n.2, p.149-156, 2010. Disponível em: <https://orgprints.org/id/eprint/24533/>. Acesso em: 19 out. 2022.

SOUZA, T. M. **Silicato de Cálcio como atenuante do estresse salino em mudas de maracujazeiro amarelo**. 2018. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, 2018.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. **Soil fertility and fertilizer**. New York, Macmillan, 1993. p.634. Disponível em: https://journals.lww.com/soilsci/Citation/1966/04000/Soil_Fertility_and_Fertilizers.16.aspx. Acesso em: 20 out. 2022.

VILELA, H. **As fontes de silício (silicatos)**. Agronomia: Artigos Científicos, 2009. Disponível em: http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_fontes_silicio_brasil.htm. Acesso em: 16/11/2022.

VRÂNCEANU, A. V. **El girassol**. Trad. Espanhola. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 379 p., 1977.

YOSHIDA, S.; OHNISHI, Y.; KITAGISHI, K. **Chemical forms, mobility and deposition of silicon in rice plant**. In: **Soil Science and Plant Nutrition**. SOIL SCI. PLANT NUTR., 8:15-21, 1962. DOI: 10.1080/00380768.1962.10430992.