

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL**

**UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA**

**PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**VITAMINAS PROMOVEM AS CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DE  
CAFEIROS CULTIVADOS NO CERRADO BRASILEIRO**

**MARIA INGRID DE SOUZA**

**CASSILÂNDIA – MS  
MARÇO/2023**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**VITAMINAS PROMOVEM AS CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DE  
CAFEIROS CULTIVADOS NO CERRADO BRASILEIRO**

**MARIA INGRID DE SOUZA**

**Orientador: Prof. Dr. Eduardo Pradi Vendruscolo**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, com área de concentração em Sustentabilidade na Agricultura.

CASSILÂNDIA – MS

MARÇO/2023

S716a Souza, Maria Ingrid de

Aplicação exógena de vitaminas para a amenização de estresses abióticos em cafeeiro/ Maria Ingrid de Souza. Cassilândia, MS: UEMS, 2023.

51f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2023.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Pradi Vendruscolo.

1. *Coffea arabica* 2. Bioestimulante 3. Proteção vegetal 4. Estresse abiótico 5. Adaptação I. Vendruscolo, Eduardo Pradi II. Título

CDD 23. ed. - 633.73



Governo do Estado de Mato Grosso do Sul  
**Fundação Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul**  
PROPP - Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
UEMS - Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - Sede Dourados  
UUCass - Unidade Universitária de Cassilândia  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
PGAC - Área de Concentração em Sustentabilidade na Agricultura



## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: APLICAÇÃO EXÓGENA DE VITAMINAS PARA A AMENIZAÇÃO DE ESTRESSES ABIÓTICOS EM CAFEIEIRO**

**AUTOR(A): MARIA INGRID DE SOUZA**

**ORIENTADOR: EDUARDO PRADI VENDRUSCOLO**

Aprovado como parte das exigências para obtenção de MESTRE EM AGRONOMIA, Área de concentração: “**Sustentabilidade na Agricultura**”, pela Comissão Examinadora

Prof.Dr. Eduardo Pradi Vendruscolo  
Orientador

Prof.Dra. Josiane Souza Salles - UEMS

Prof.Dr. Murilo Battistuzzi Martins - UEMS

Prof.Dr. Sebastião Ferreira de Lima - UFMS  
Participação via webconferência

Data da realização: 09 de março de 2023.

“Todas as vitórias ocultam uma abdicação”.

**Simone de Beauvoir**

## DEDICATÓRIA

A minha família e amigos fiéis, não foi fácil ficar longe do cuidado de vocês, só tenho a agradecer por todo incentivo e palavras de apoio.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a todos aqueles que acreditam e me incentivam a lutar e realizar os meus sonhos, a vocês todo meu amor e carinho.

Ao meu orientador professor Dr. Eduardo Pradi Vendruscolo, pela paciência, incentivo, compreensão, e por todas as oportunidades de aprendizado durante essa jornada.

À Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, campus Cassilândia, ao corpo docente e demais funcionários que compõe o Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Sustentabilidade na Agricultura, em especial ao professor Edilson Costa e família, pelo acolhimento, conselhos e auxílio durante todo o tempo que passei na instituição.

A vocês meus colegas e amigos de mestrado, em especial a Thaise Dantas, João Medeiros e Tássila Aparecida, grata pelo carinho, vivência e aprendizado de cada dia, tirei lições valiosas. Lembrarei de vocês com carinho.

Por fim, agradeço a Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) pelo apoio financeiro. A banca pelo aceite, disponibilidade e suas contribuições.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização desse trabalho, minha gratidão.

Muito Obrigado!

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE ABREVIações E SÍMBOLOS</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO 1: VITAMINAS FAVORECEM AS CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DE CAFEIROS CULTIVADOS NO CERRADO BRASILEIRO</b>	<b>10</b>
1.1. INTRODUÇÃO	11
1.2. MATERIAL E MÉTODOS	13
1.2.1. Localização da área de realização do experimento	13
1.2.2. Delineamento experimental e distribuição dos tratamentos	13
1.2.3. Atributos fisiológicas e eficiência do uso da água	14
1.2.4. Atributos de crescimento	14
1.2.5. Análise Estatística	15
1.3. RESULTADOS	15
1.3.1. Atributos de crescimento	17
1.4. DISCUSSÃO	18
1.5. CONCLUSÕES	20
1.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
<b>CAPÍTULO 2. A APLICAÇÃO DE VITAMINAS AMENIZA OS EFEITOS DA SALINIDADE EM PLANTAS DE CAFÉ?</b>	<b>27</b>
2.1 INTRODUÇÃO	28
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	30
2.2.1 Localização da área de realização do experimento	30
2.2.2. Delineamento experimental e distribuição dos tratamentos	30
2.2.3. Atributos fisiológicas	31
2.2.4. Atributos de crescimento	31
2.2.5. Análise Estatística	32
2.3. RESULTADOS	32
2.4. DISCUSSÃO	36
2.5. CONCLUSÃO	39
2.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Resumo das condições climáticas de temperatura máxima (T<sub>máx</sub>), média (T<sub>méd</sub>) e mínima (T<sub>mín</sub>), umidade relativa do ar (UR) e precipitação durante o período de condução do experimento.....13
- Figura 2.** (A) fotossíntese líquida, (B) troca gasosa, (C) evapotranspiração, (D) concentração interna de CO<sub>2</sub>, (E) eficiência no uso da água e (F) índice relativo de clorofila em quatro cultivares de café arábica (*Coffea arabica* L.) sob tratamento foliar com vitaminas (Barra representada média  $\pm$  Desvio padrão; n = 4).....16
- Figura 3.** Incremento de altura em quatro cultivares de café arábica (*Coffea arabica* L.) sob tratamento foliar com vitaminas (Bar representa a média  $\pm$  Desvio padrão.; n = 4).....17
- Figura 4.** Condições micrometeorológicas de temperatura média (°C) e umidade relativa do ar (UR) durante o período de condução do experimento.....30
- Figura 5.** Valores médios de conteúdo de CO<sub>2</sub> intracelular (A) e transpiração (B) em plantas de café submetidas à aplicação de vitaminas e diferentes níveis de salinidade da irrigação. Controle (cont.), tiamina (B1), nicotinamida (B3), piridoxina (B6).....32
- Figura 6.** Valores médios de conteúdo de condutância estomática, fotossíntese líquida, eficiência do uso da água e eficiência de carboxilação em plantas de café submetidas à aplicação de vitaminas (A, C, E e G) e diferentes níveis de salinidade da irrigação (B, D, F e H). Controle (cont.), tiamina (B1), nicotinamida (B3), piridoxina (B6).....33
- Figura 7.** Distribuição da massa seca em plantas de café submetidas à aplicação de vitaminas (A) e diferentes níveis de salinidade da irrigação (B). Controle (cont.), tiamina (B1), nicotinamida (B3), piridoxina (B6). Letras minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade. MSR = massa seca de raízes; MSC = massa seca de caule; MSF = massa seca de folhas.....35
- Figura 8.** Conteúdo interno de água (CIA) em plantas de café submetidas à aplicação de vitaminas e diferentes níveis de salinidade da irrigação. Controle (cont.), tiamina (B1), nicotinamida (B3), piridoxina (B6).....36

## LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

A	Fotossíntese líquida
A/E	Razão entre fotossíntese líquida e transpiração
Aw	Clima quente com chuva de verão
B1	Tiamina
B3	Nicotinamida
B6	Piridoxina
Ci	Concentração de CO <sub>2</sub>
Ca	Cálcio
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
° C	Celsius
dm <sup>-3</sup>	Decmetro Cúbico
dS m <sup>-1</sup>	Decimetro/metro
DI	Incremento do desenvolvimento
E	Transpiração
EUA	Eficiência do uso da gua
EICI	Eficiência de carboxilação
Fv	Valor na segunda coleta de dados
g dm <sup>-3</sup>	Grama por decmetro cúbico
g kg <sup>-1</sup>	Gramas quilograma
gs	Condutância estomática
Iv	Valor na primeira coleta de dados
K	Potássio
m	Metro
Mg	Magnésio
mm	Milímetro
mg L <sup>-1</sup>	Miligrama por litro
mmol <sub>c</sub>	Centimol de carga (unidade de capacidade de troca)
mm	Milímetro
MSR	Massa seca de raízes
MSC	Massa seca de caule
MSF	Massa seca de folhas

NaCl	Cloreto de sódio
NaCl+B1	Cloreto de sódio + Tiamina
NaCl+B3	Cloreto de sódio + Nicotinamida
NaCl+B6	Cloreto de sódio + Piridoxina
%	Porcentagem
P	Período de aplicação dos tratamentos
pH	Potencial hidrogeniônico
P	Fósforo
T <sub>méd</sub>	Temperatura média
T <sub>mín</sub>	Temperatura mínima
T <sub>máx</sub>	Temperatura máxima
UR	Umidade relativa do ar

## **CAPÍTULO 1: VITAMINAS FAVORECEM AS CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DE CAFEEIROS CULTIVADOS NO CERRADO BRASILEIRO**

**RESUMO:** O Brasil é considerado um local favorável para o cultivo de café, por possuir um clima que propicia o cultivo de diferentes espécies vegetais com alta qualidade, mas com o aumento das mudanças climáticas, se torna necessário a adesão do uso de tecnologias como o uso de vitaminas para amenização dos efeitos abióticos sobre o cafeeiro. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de tiamina e piridoxina em cultivares de cafeeiros arábica em ambiente com variações de temperatura e solo arenoso. Foi utilizado delineamento de blocos casualizados, combinando quatro cultivares de café (Acaia, Araras, Catucaí 24/137, Catucaí 2SL) e aplicação foliar de duas vitaminas (100 mg L<sup>-1</sup> tiamina e 100 mg L<sup>-1</sup> piridoxina), mais o controle. Ambas as vitaminas propiciaram aumento da fotossíntese líquida e no índice de clorofila das cultivares, em relação ao tratamento controle. As cultivares que receberam o tratamento com piridoxina apresentaram maior incremento na condutância estomática e respiração quando comparado as cultivares tratadas com tiamina. Desta maneira, conclui-se que aplicação de vitaminas contribuiu para o incremento da atividade fisiológica de plantas de cafeeiro, aumentando significativamente a capacidade fotossintética e o teor de clorofila das cultivares testadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Coffea arábica*, bioestimulante, proteção de planta, estresse abiótico, adaptação.

### **VITAMINS FAVOR THE PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF COFFEE TREES CULTIVATED IN THE BRAZILIAN CERRADO**

**ABSTRACT:** Brazil is considered a favorable place for coffee cultivation, as it has a climate that favors the cultivation of different plant species with high quality, but with the increase in climate change, it becomes necessary to adhere to the use of technologies such as the use of vitamins to mitigate the abiotic effects on the coffee tree. This study aimed to evaluate the effects of thiamine and pyridoxine application on Arabica coffee cultivars in an environment with temperature variations and sandy soil. A randomized block design was used, combining four coffee cultivars (Acaia, Araras, Catucaí 24/137, Catucaí 2SL) and foliar application of two vitamins (100 mg L<sup>-1</sup> thiamine and 100 mg L<sup>-1</sup> pyridoxine), plus the control. Both vitamins provided an increase in liquid photosynthesis and in the chlorophyll index of the cultivars, in relation to the control treatment. Cultivars treated with pyridoxine showed a greater increase in stomatal conductance and respiration when compared to cultivars treated with thiamine. In this way, it is concluded that the application of vitamins contributed to the increase of the

physiological activity of coffee plants, significantly increasing the photosynthetic capacity and the chlorophyll content of the tested cultivars.

**KEY WORDS:** *Coffea arabica*, biostimulant, plant protection, abiotic stress, adaptation.

## 1.1. INTRODUÇÃO

O cafeeiro pertencente à família Rubiaceae, é um arbusto com ciclo bianual, de clima tropical de altitude, que pode atingir cerca de três metros de altura (ALVEZ, 2008). O fruto possui forma globosa ou ovóide e pode resultar em duas sementes ou mais (MELO; SOUZA, 2011). Dentre as espécies de cafés mais plantadas e difundida, o café arábica representa cerca de 80% do cultivo, devido a isso, seu fruto se tornou a commodity agrícola mais importante do mundo (RAMALHO et al., 2014; SEMEDO et al., 2021), sendo o Brasil o responsável pela produção da maior parte de grãos de café (CONAB, 2022).

A qualidade do café depende diretamente das condições climáticas a que o plantio é exposto (RAMALHO et al., 2014; SEMEDO et al., 2021). Nesse sentido, as condições edafoclimáticas do Brasil são consideradas favoráveis para a produção agrícola, propiciando que os produtores obtenham diversidade na qualidade e aromas para a espécie *Coffea arabica* (SANTOS et al., 2021). Para se realizar um cultivo de boa qualidade a temperatura deve estar na faixa de 18 a 23°C com ocorrência de chuvas ao decorrer do ano, evitando o estresse por déficit hídrico na lavoura (QUEIRONGA et al., 2021), diferindo do clima encontrado no cerrado que se caracteriza por apresentar verão quente e úmido com inverno ameno e seco (FERNANDES et al., 2012), e por apresentar essas características climáticas o cerrado é considerado um ambiente propício principalmente na época de colheita do grãos (FERNANDES et al., 2012).

Todavia, a variabilidade edafoclimática que favorece essa diferenciação também pode afetar o seu desenvolvimento, pois a microbiota do grão de café é afetada diretamente pelas mudanças climáticas, e a combinação de alta temperatura com a falta de chuva pode agir inibindo a formação inicial das flores e/ou durante a maturação dos grãos (SANTOS et al., 2021). De acordo com a CONAB (2022), as mudanças climáticas impactaram negativamente a produção final da safra de café nos últimos anos.

O desenvolvimento de técnicas que contribuam para o aumento da resistência das plantas aos efeitos abióticos causados durante o cultivo são meios importantes para que as plantas se adaptem aos períodos com baixos índices pluviométricos (RAMOS et al., 2022). Nessa perspectiva, a aplicação de vitaminas no cultivo de plantas está ganhando destaque por contribuir com o aumento da produtividade, e a restrições hídricas e às variações de temperatura

(VENDRUSCOLO et al., 2019), propiciando a realização do cultivo sob maiores níveis de estresse (CONTIERI et al., 2018).

A vitamina B1 ou tiamina, vem sendo utilizada para fortalecer o desenvolvimento de culturas (VENDRUSCOLO et al., 2019), para que aumente sua resistência a condições de estresse. Por ser um cofator enzimático (GOYER, 2010), a vitamina atua indiretamente na produção de energia e nos ciclos respiratórios (TAIZ et al., 2017), estimulando os mecanismos de defesa (KAYA et al., 2015) e promovendo o desenvolvimento e crescimento da planta (JABEEN et al., 2020), contribui também, para o crescimento, proporcionando maiores níveis de pigmentos fotossintéticos, fenólicos totais, folhas e raízes osmoprotetoras (JABEEN et al., 2020), aumentando o teor de clorofila (GHAFAR et al., 2019).

Assim, a aplicação exógena da vitamina B6 (tiamina) vem sendo utilizada com o intuito de obter melhores condições do cultivo de espécies de interesse comercial (DOLATABADIAN SANAVY, 2008; MOONEY e HELLMAN, 2010). Por atuar no processo de biossíntese das plantas (MOONEY e HELLMAN, 2010), a piridoxina pode agir contribuindo para o processo germinativo, atuando também no processo de degradação de hormônios vegetais (COLINAS et al., 2016), sendo um componente importante para resistência das plantas aos estresses abióticos (HAVAUX et al., 2009; RASCHKE et al., 2011).

A aplicação das vitaminas piridoxina e tiamina em cultivares, pode proporcionar maiores níveis reprodutivos, taxas de crescimento e rendimento, resultando em maiores pesos fresco e peso seco, influenciando positivamente nas propriedades bioquímicas (ZAMANIPOU, 2021).

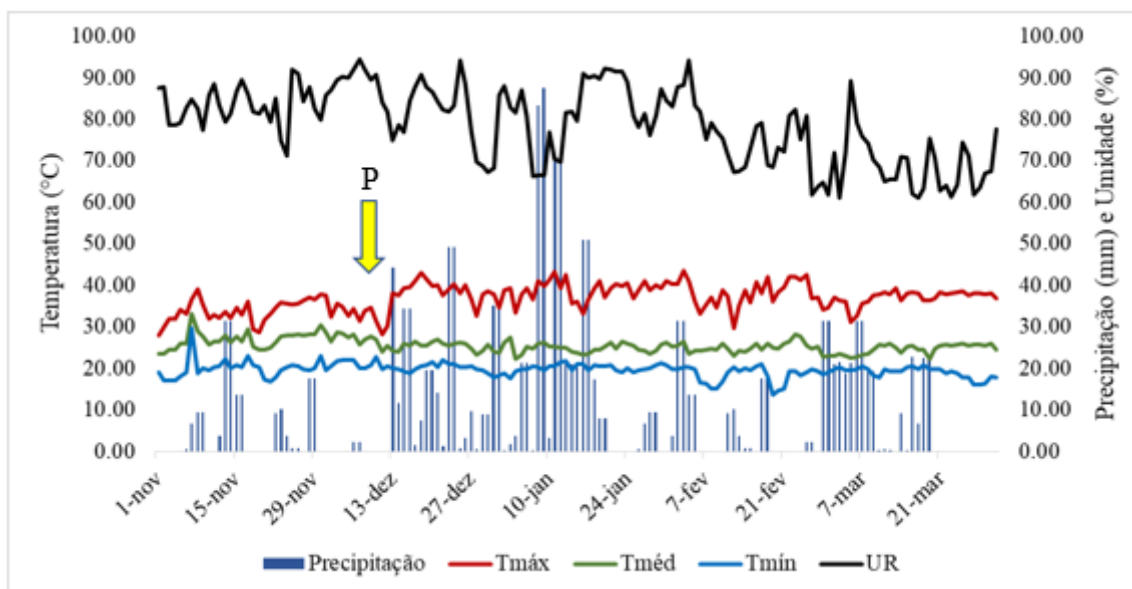
Com base na hipótese de que a aplicação de vitaminas contribui no incremento das características fisiológicas de plantas cultivadas em regiões com condições climáticas adversas, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de tiamina e piridoxina em cultivares de cafeeiros arábica em condições de temperaturas elevadas e solo arenoso.

## **1.2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **1.2.1. *Localização da área de realização do experimento***

Para analisar o efeito das vitaminas aplicadas exogenamente sobre o desenvolvimento e parâmetros fisiológicos das plantas de café (*Coffea arabica* L.) cultivadas em condição de clima tropical e solo arenoso, foi realizado um experimento de campo, de dezembro de 2020 a fevereiro de 2021 na área experimental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Cassilândia, Brasil.

O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo tropical chuvoso (Aw), com verão chuvoso e inverno seco (precipitação no inverno menor que 60 mm), com precipitação e temperatura média anual de 1.520 mm e 24,1 °C, respectivamente. Durante o período experimental, os dados climáticos foram coletados diariamente, por equipamento instalado a 100 m da área cultivada (Figura 1).



**Figura 1.** Resumo das condições climáticas de temperatura máxima (Tmáx), média (Tméd) e mínima (Tmín), umidade relativa do ar (UR) e precipitação durante o período de condução do experimento. P = Dia de aplicação dos tratamentos.

### 1.2.2. *Delineamento experimental e distribuição dos tratamentos*

Foi utilizado delineamento de blocos casualizados, combinando quatro cultivares de café e aplicação foliar de vitaminas, com quatro repetições. As cultivares de café utilizadas foram Acaia, Araras, Catucaí 24/137 e Catucaí 2SL. As vitaminas aplicadas via foliar foram tiamina e piridoxina, mais uma aplicação controle)], sendo cada planta uma repetição. As mudas de café foram plantadas em dezembro de 2019 em uma área de Neosolo Quartzarênico (pH 5,0, P 14,0 mg dm<sup>-3</sup>, K 3,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Ca 24,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg 14,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, capacidade de troca de cátions 58,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, saturação por bases 71,0% e matéria orgânica 13,0 g dm<sup>-3</sup>, 95 g kg<sup>-1</sup> de argila, 50 g kg<sup>-1</sup> de silte e 855 g kg<sup>-1</sup> de areia). Foi utilizado um espaçamento de cultivo de 2,50 m entre linhas e 1,00 m entre plantas. Durante os meses de baixa pluviosidade foi utilizado sistema de irrigação com fitas gotejadoras, enquanto que o manejo de plantas daninhas foi realizado pela roçagem das mesmas.

Para o estabelecimento dos tratamentos, na primeira quinzena de dezembro de 2020, quando as plantas completaram um ano desde o seu plantio, foram aplicados os tratamentos via

foliar [água destilada (controle), tiamina (100 mg L<sup>-1</sup>) e piridoxina (100 mg L<sup>-1</sup>)]. As soluções vitamínicas foram preparadas em água fresca juntamente com adjuvante a base de óleo mineral (0,2%). A aplicação dos tratamentos foi realizada via foliar, borrifando 50 ml de solução por planta de acordo com o tratamento com o auxílio de uma bomba manual.

### **1.2.3. Atributos fisiológicas e eficiência do uso da água**

Sete dias após a aplicação das vitaminas foram realizadas as avaliações das características de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), concentração de CO<sup>2</sup> intracelular (Ci), transpiração (E) e índice de clorofila (durante a parte da manhã, quando as plantas estavam em plena atividade de trocas gasosas, entre 08:00 e 10:00 horas da manhã. Para as avaliações foram selecionadas folhas saudáveis e maduras do terço médio do cafeeiro, com coloração característica de cada cultivar, utilizando-se um medidor de trocas gasosas portátil (LCi, ADC Bioscientific, Hertfordshire, Reino Unido) e foi calculada a eficiência do uso da água (EUA), utilizando-se a razão entre fotossíntese líquida e transpiração (A/E).

### **1.2.4. Atributos de crescimento**

Dois dias antes e 60 dias após a aplicação das vitaminas, foram obtidas as medidas de altura e o diâmetro do caule. Para isso foram utilizadas uma trena graduada e um paquímetro digital, respectivamente. A altura foi obtida medindo-se desde a base da planta (nível do solo) até o ponto mais alto, enquanto que o diâmetro foi obtido 2 cm acima do nível do solo.

Após a segunda coleta de dados foi realizado o cálculo para a obtenção dos ganhos de crescimento. Para tanto utilizou-se a seguinte equação:

$$DI = \left( \frac{Fv - Iv}{Iv} \right) \cdot 100$$

Em que:

DI = Incremento do desenvolvimento (altura ou diâmetro), em %;

Fv = Valor na segunda coleta de dados;

Iv = Valor na primeira coleta de dados.

### **1.2.5. Análise Estatística**

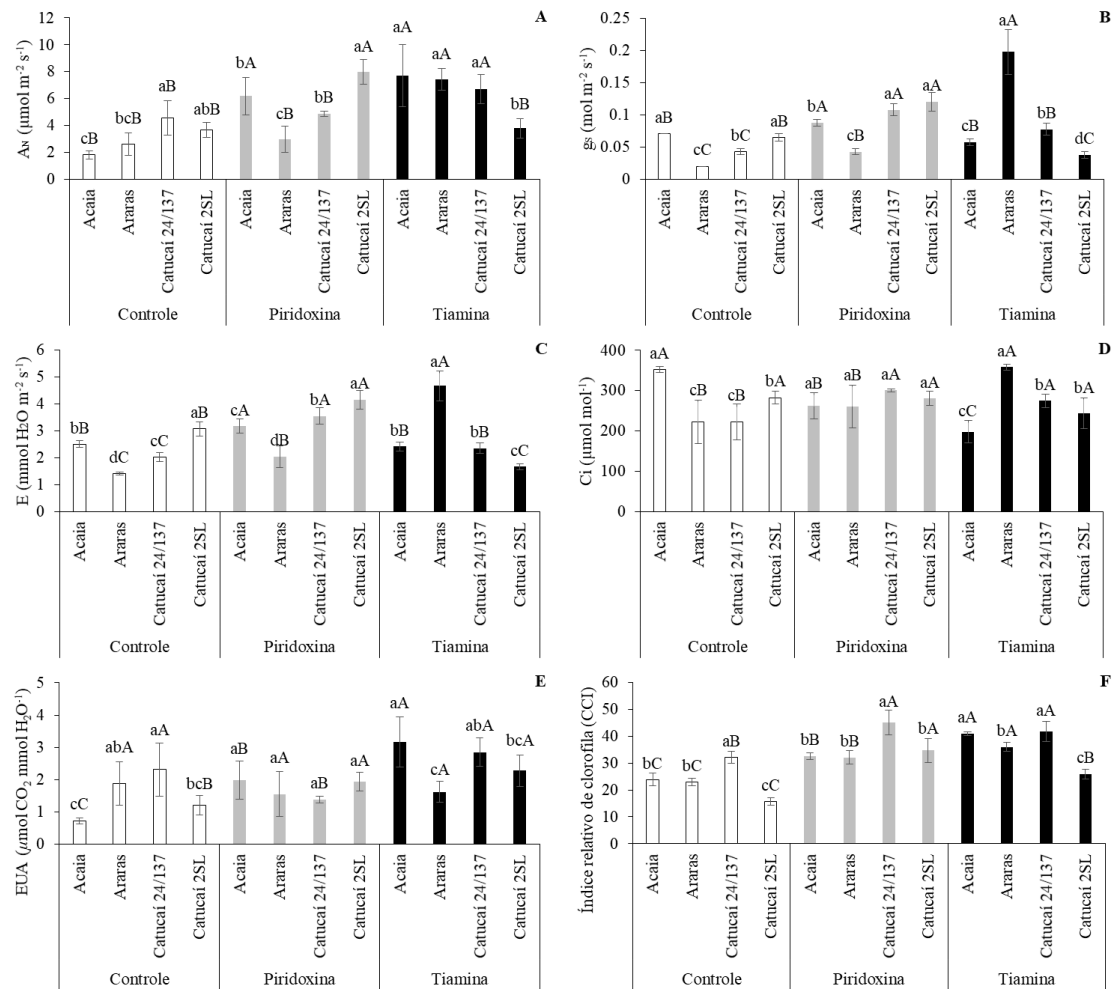
Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homocedasticidade. Em seguida, as médias foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e ao teste de LSD, ao nível de 5% de probabilidade. As análises foram realizadas no software estatístico SISVAR (Ferreira, 2019).



### 1.3. RESULTADOS

As características avaliadas foram afetadas pela aplicação das vitaminas, com exceção do incremento do diâmetro de caule. Verificou-se que as cultivares apresentaram respostas diferentes de acordo com a vitamina aplicada. Para a fotossíntese líquida (A), verificou-se alterações com a aplicação dos tratamentos foliares, sendo a Catucaí 2SL com a aplicação de piridoxina, Araras e Catucaí 24/137 com tiamina e a cultivar Acaia com ambas as vitaminas. A aplicação de piridoxina e tiamina incrementaram a fotossíntese líquida das cultivares em média 73,75% e 102,23% respectivamente, em relação ao tratamento controle. Entre as cultivares, para o tratamento controle houve superioridade de Catucaí 24/137, porém sem diferença para Catucaí 2SL, enquanto que Catucaí 2SL se destacou positivamente entre as plantas que receberam piridoxina e negativamente entre as plantas que foram pulverizadas com tiamina (Figura 2A).

Foram observadas respostas similares para a condutância estomática e transpiração, para as quais houve incremento pela aplicação de piridoxina nas cultivares Acaia e Catucaí 2SL e por ambas as vitaminas nas cultivares Araras e Catucaí 24/137, quando comparadas ao tratamento controle. Para essas características houve um incremento de 81,01% e 43,39%, respectivamente, com aplicação de piridoxina e de 87,34% e 23,46%, ao ser realizado a pulverização com tiamina. Entre as cultivares, houve superioridade de Acaia e Catucaí 2SL no tratamento controle, Catucaí 24/137 e Catucaí 2SL no tratamento com piridoxina e Araras no tratamento com tiamina, em relação à condutância estomática, enquanto que para a transpiração houve superioridade da cultivar Catucaí 2SL no tratamento controle e com piridoxina e da cultivar Araras no tratamento com tiamina (Figura 2B, 2C).



**Figura 2.** (A) fotossíntese líquida, (B) troca gasosa, (C) evapotranspiração, (D) concentração interna de  $\text{CO}_2$ , (E) eficiência no uso da água e (F) índice relativo de clorofila em quatro cultivares de café arábica (*Coffea arabica* L.) sob tratamento foliar com vitaminas (Barra representada média  $\pm$  Desvio padrão;  $n = 4$ ). Letras diferentes, minúsculas e maiúsculas, refletem em diferenças entre cultivares e tratamentos, respectivamente.

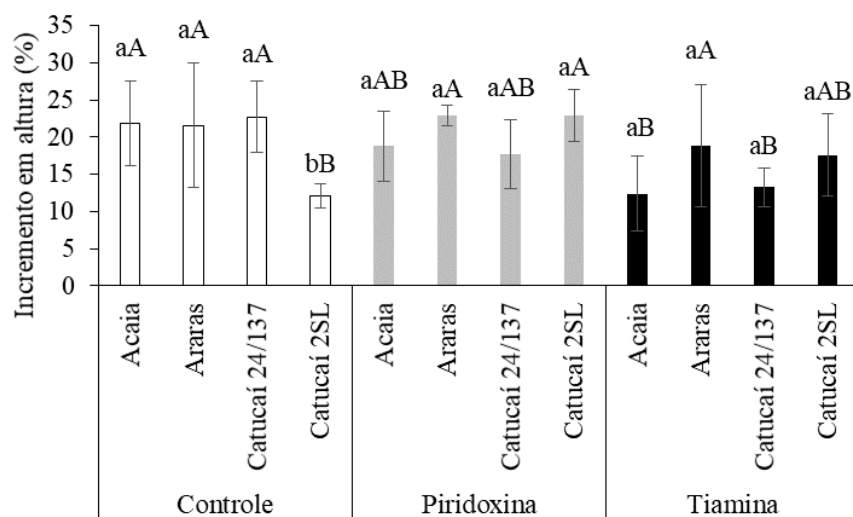
Para a concentração de  $\text{CO}_2$  intracelular foram obtidas respostas singulares entre as cultivares, em que a cultivar Acaia foi afetada negativamente pela aplicação das vitaminas, com redução de 0,42% na concentração de  $\text{CO}_2$  intracelular, enquanto que Araras foi afetada positivamente apenas pela aplicação de tiamina, Catucaí 24/137 foi afetada positivamente por ambas as vitaminas e Catucaí 2SL não foi afetada significativamente. Os tratamentos com piridoxina e tiamina resultaram em incremento de 2,25% e decréscimo de 0,42% da concentração de  $\text{CO}_2$  intracelular, respectivamente. Em complemento, verificou-se que para os tratamentos controle e com aplicação de tiamina houve superioridade das cultivares Acaia e Araras, respectivamente, enquanto que para o tratamento com piridoxina não foi constatada diferença entre as cultivares (Figura 2D).

Diferindo da concentração de CO<sub>2</sub> intracelular observada, foi constatada eficiência do uso da água, em que houve efeito de incremento de ambas as vitaminas sobre Acaia e Catucaí 2SL e efeito de redução da característica pela aplicação de piridoxina sobre Catucaí 24/137, enquanto que Araras não foi afetada significativamente (Figura 2E). Em relação ao tratamento controle, a aplicação de piridoxina ou tiamina resultaram em um acréscimo médio de 11,83% e 61,70%, respectivamente, na eficiência do uso da água. Entre as quatro cultivares, verificou-se que Catucaí 24/137 obteve a maior média no tratamento controle, sem se diferenciar da Araras e Acaia atingiu o maior valor, sem que houvesse diferença significativa para Catucaí 24/137 com tratamento tiamina.

A aplicação de ambas as vitaminas resultou no incremento no índice relativo de clorofila de todas as cultivares (Figura 2F). Esse incremento foi, em média, de 52,71% e 52,89% para os tratamentos com piridoxina e tiamina, respectivamente. Entre as quatro cultivares, Catucaí 24/137 destacou-se nos tratamentos controle e com aplicação de piridoxina, enquanto que no tratamento com tiamina Catucaí 24/137 e Acaia foram superiores às demais.

### 1.3.1. Atributos de crescimento

O incremento em altura foi afetado positivamente apenas pela aplicação de piridoxina em Catucaí 2SL, enquanto que Acaia e Catucaí 24/137 foram afetadas negativamente pela aplicação de tiamina e Araras não foi influenciada (Figura 3).



**Figura 3.** Incremento de altura em quatro cultivares de café arábica (*Coffea arabica* L.) sob tratamento foliar com vitaminas (Bar representa a média  $\pm$  Desvio padrão.; n = 4). Letras diferentes, minúsculas e maiúsculas, refletem em diferenças entre cultivares e tratamentos, respectivamente.

#### 1.4. DISCUSSÃO

Verificou-se que as vitaminas atuaram positivamente para a manutenção das atividades fisiológicas das cultivares, incrementando significativamente a capacidade fotossintética (Figura 2A) e o índice de clorofila (Figura 2B) das cultivares de café.

A tiamina atua em funções fundamentais nos processos metabólicos das plantas, atuando principalmente na fotossíntese (Figura 2A) e respiração celular, controlando o nível de carbono presente nas células vegetais e em suas organelas (FITZPATRICK e CHAPMAN, 2020). De acordo com Jabeen et al. (2020), a aplicação foliar de tiamina contribui auxiliando o crescimento e aumento dos pigmentos fotossintéticos, sendo que para o presente estudo a aplicação de piridoxina propiciou maior incremento de altura (Figura 2F).

As vitaminas do grupo B atuam como coenzima nas reações enzimáticas como carboidratos, ácidos graxos e as proteínas que estão presentes no processo de fotossíntese e respiração, (HENDAWY e EZZ EL-DINN, 2010), incrementando as atividades fotossintéticas das cultivares (Figura 2), resultando em diferenças no desenvolvimento de cada cultivar. A tiamina tem função de coenzima nas vias metabólicas, estando presente principalmente nas responsáveis pela produção de energia e metabolismo central, assimilação de carbono e respiração (Figura 2C), contribuindo também na resistência aos efeitos abióticos, aumentando a resistência das plantas a doenças (BOUBAKRI et al., 2016).

Nesse sentido, tendo em vista que o cafeeiro, quando submetido a estresses abióticos, sofre alterações em sua altura, desenvolvimento de folhas, transpiração e processo de fotossíntese (PIZETTA et al., 2012, VETURIN, 2016), a aplicação de vitaminas foi efetiva para a melhoria das características avaliadas nas plantas sob as condições edafoclimáticas do presente estudo (Figuras 1, 2 e 3). Adiciona-se ao exposto anteriormente o fato de que a aplicação de vitaminas pode atuar de maneira direta na produção de clorofila a e b (Figura 2F), enzimas, hormônio, no transporte e armazenamento de nitrogênio, a combinação desses elementos beneficiam o desenvolvimento e crescimento da planta (Figura 3), evitando gastos de energia em seus processos metabólicos (SANTOS et al., 2013).

A vitamina B1 também pode contribuir no aparato fotossintético e morfologia estomática das plantas, contribuindo para a funcionalidade de plantas submetidas a estresses (RAMOS et al., 2022), resultando em maior adaptabilidade através do melhor aproveitamento dos recursos disponíveis no ambiente, tais como a água (Figura 2E). Outros estudos também identificaram que a aplicação de tiamina propiciou maior teor de clorofila *a* e total (Figura 2F) em plantas de milho (VENDRUSCOLO; SELEGUINI, 2020) e mostarda (VENDRUSCOLO et al. 2017) assim como contribuiu positivamente para o desenvolvimento e crescimento de

arroz (VENDRUSCOLO et al., 2019), milho (VENDRUSCOLO et al., 2018) e meloeiro (VENDRUSCOLO et al., 2017), corroborando com o presente estudo (Figura 3).

A aplicação de tiamina incrementa o teor de clorofila *b*, nitrogênio foliar, compostos fenólicos e as atividades antioxidantes em cultivares, regulando o processo de fotossíntese (AMINIFARD et al. 2018), ou seja, aumentando a taxa fotossintética, de nutrientes e pigmentos (EL-AWADI et al. 2016), por atuar na ativação da síntese de carotenóides, evitando a oxidação da clorofila, resultado em seu maior teor na planta (Figura 2F) (FAROUK et al. 2012), e de pigmentos foliares (AMINIFARD et al. 2018).

De maneira similar à tiamina, a aplicação foliar de piridoxina propicia maiores teores de clorofila *a* e clorofila *b* (ZAMANIPOUR, 2021) (Figura 2F). Verificou-se que com aplicação de piridoxina aumenta a atividade da enzima ascorbato nas folhas, contribuindo para o aumento do teor de clorofila (Figura 2F) e catalise nas folhas e raízes (MOMBEINI et al., 2021). A piridoxina causa esse aumento dos pigmentos fotossintéticos, devido sua ação nas reações enzimáticas no metabolismo de carboidrato, gorduras e proteínas que são utilizados no processo de respiração e fotossíntese (SOLTANI et al., 2012), e por possuir função antioxidante, atua protegendo as células dos efeitos oxidativos que são causados pela produção de oxigênio reativo e radicais livres (MOMBEINI et al., 2021), contribuindo para o funcionamento metabólico das plantas, auxiliando na concentração de CO<sub>2</sub> interno (Figura 2B) e trocas gasosas (Figura 2D).

Resultados semelhantes demonstraram que a aplicação foliar de piridoxina em culturas de trigo e gergelim propiciou maior teor de clorofila *a* e *b*, (NASSAR et al., 2017; HADIF et al., 2021), esse aumento também foi verificado no cultivo de trevo egípcio, que além do aumento do teor de clorofila, a vitamina propiciou maiores teores de flavonoides, fenólicos, melhorando também as reações fotossintéticas de carbono (EL KARAMANY et al., 2022) e pigmentos fotossintéticos presente nas plantas (SOLTANI et al., 2012; YOUNIS et al., 2020; EL KARAMANY et al., 2022).

No presente estudo verificou-se que a aplicação de piridoxina propiciou maior altura de planta (Figura 2), resultados semelhantes foram encontrados com a aplicação em tremoço egípcio (BOGHDADY, 2013), trigo (NASSAR et al., 2017), gergelim (HADIF et al., 2021). Promovendo também, melhores características morfológicas como aumento no número de folhas, flores e ramos primários (BOGHDADY, 2013), maiores folhas, assim como pigmentos fotossintéticos (YOUNIS et al., 2020), propiciando maior comprimento e diâmetro de caule principal (BOGHDADY, 2013; NASSAR et al., 2017).

Com base nos resultados obtidos e daqueles apontados pela literatura, verifica-se que as vitaminas do complexo B podem atuar positivamente sobre plantas submetidas a condições

ambientais adversas. No entanto, há a necessidade de explorarem-se de maneira ampla a aplicação desses compostos, uma vez que há variabilidade de respostas entre espécies e entre genótipos.

## 1.5. CONCLUSÃO

A aplicação de vitaminas contribuiu para o incremento das atividades de troca gasosa de plantas de cafeeiro cultivadas em ambientes com variações de temperatura e solo arenoso. A tiamina, assim como piridoxina, demonstraram serem efetivas no desempenho fisiológico do cafeeiro, incrementando significativamente a capacidade fotossintética e o índice de clorofila das plantas.

## 1.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. D. Morfologia do cafeeiro *In*: Cultivares de café: origem, características e recomendações. CARVALHO, C. H. S. **Cultivares de café**. Brasília: Embrapa Café, 2008. p. 79-101.

AMINIFARD, M. H.; JORKESH A.; FALLAHI, H.-R.; ALIPOOR, K. Foliar application of thiamin stimulates the growth, yield and biochemical compounds production of coriander and fenugreek. **Journal of Horticultural Research**, v. 26, n. 1, 2018. DOI: [10.2478/johr-2018-0009](https://doi.org/10.2478/johr-2018-0009)

BAGRI D. S.; UPADHYAYA D. C.; KUMAR A.; UPADHYAYA C. P. Overexpression of PDX-II gene in potato (*Solanum tuberosum* L.) leads to the enhanced accumulation of vitamin B6 in tuber tissues and tolerance to abiotic stresses. **Plant Science**, v. 272, p. 267-275, 2018. DOI: [10.1016/j.plantsci.2018.04.024](https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2018.04.024)

BOYCHEVA, S.; DOMINGUEZ, A.; ROLCIK, J.; BOLLER, T.; FITZPATRICK, T. B. Consequences of a deficit in vitamin B6 biosynthesis de novo for hormone homeostasis and root development in Arabidopsis. **Plant physiology**, v. 167, n. 1, p. 102-117, 2015. DOI: [10.1104/pp.114.247767](https://doi.org/10.1104/pp.114.247767)

BOUBAKRI, H.; GARGOURI, M.; MLIKI, A.; BRINI, F.; CHONG, J.; JBARA, M. Vitamins for enhancing plant resistance. **Planta**, v. 244, n. 3, p. 529-543, 2016. DOI: [10.1007/s00425-016-2552-0](https://doi.org/10.1007/s00425-016-2552-0)

BOGHDADY, M. Efficiency of pyridoxine on the growth, yield, seed quality and anatomy of Egyptian lupine (*Lupinus termis* Forssk.). **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 7, n. 1, p. 448-456, 2013. Disponível em: <http://www.ajbasweb.com/.../448-456.pdf>

CHEN, H.; XIONG, L. Pyridoxine is required for post-embryonic root development and tolerance to osmotic and oxidative stresses. **The plant journal**, v. 44, n. 3, p. 396-408, 2005. DOI: [10.1111/j.1365-313X.2005.02538.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2005.02538.x)

COLINAS, M.; EISENHUT, M.; TOHGE, T.; PESQUERA, M.; FERNIE, A. R.; WEBER, A. P. M.; FITZPATRICK, T. B. Balancing of B6 Vitamers Is Essential for Plant Development and Metabolism in Arabidopsis. **The Plant Cell**, v. 28, n. 2, p. 439-453, 2016. DOI: [10.1105/tpc.15.01033](https://doi.org/10.1105/tpc.15.01033)

CONTIERI, G. A.; CHINI, M. A.; MARGARIDO, V. O.; PELEGRINI, R. T. Development of plant cloning technique by in vitro starting process using vitamin B1 as a rooting regulator **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 12, n. 4, p. 383-393, 2018. DOI: [10.18011/bioeng2018v12n4p383-393](https://doi.org/10.18011/bioeng2018v12n4p383-393)

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café: Safra 2022 - quarto levantamento**. Brasília: Conab, 2022. 52 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cafe/boletim-da-safra-de-cafe> .

SANTOS, D. G.; COELHO, C. C. D. S.; FERREIRA, A. B. R.; FREITAS, S. O. Brazilian coffee production and the future microbiome and mycotoxin profile considering the climate change scenario. **Microorganisms**, v. 9, n. 4, p. 858, 2021. DOI [10.3390/microorganisms9040858](https://doi.org/10.3390/microorganisms9040858)

DOLATABADIAN, A.; SANAVY, S. A. M.; CHASHMI, N. A. The Effects of Foliar Application of Ascorbic Acid (Vitamin C) on Antioxidant Enzymes Activities, Lipid Peroxidation and Proline Accumulation of Canola (*Brassica napus* L.) under Conditions of Salt Stress. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 194, n. 3, p. 206-213, 2008. DOI: [10.1111/j.1439-037X.2008.00301.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2008.00301.x).

EL- AWADI M. E.; ABD ELBAKY Y. R.; DAWOOD M. G.; SHAL-ABY M. A.; BAKRY B. A. Enhancement quality and quantity of lupine plant via foliar application of some vitamins under sandy soil conditions. **Re-search Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical**

**Sciences**, v. 7, n. 4, p. 1012–1024, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/309528123>

EL KARAMANY, M. F.; SADAK, M. S.; BAKHOUM, G. S.; OMER, H. A. A.; BAKRY A. B. Research Article Pyridoxine Improving Effect on Yield, Chemical and Nutritional Value of Egyptian Clover Plant. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 4, n. 21, p. 654-666, 2022. DOI: [10.3923/ajps.2022.654.666](https://doi.org/10.3923/ajps.2022.654.666)

FAROUK, S.; YOUSSEF, S. A.; ALI, A. A. Exploitation of biostimulants and vitamins as an alternative strategy to control early blight of tomato plants. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 11, n. 1, p. 36-43, 2012. DOI: [10.3923/ajps.2012.36.43](https://doi.org/10.3923/ajps.2012.36.43)

FERNANDES, A. L. T.; PARTELLI, F. L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 231-240, 2012. DOI: [10.1590/S1983-40632012000200015](https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000200015)

FERREIRA, D. F. Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas Bootstrap. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, p. 109-112, 2014. DOI: [10.1590/S1413-70542014000200001](https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001)

FITZPATRICK, T. B.; CHAPMAN, L. M. The importance of thiamine (vitamin B1) in plant health: From crop yield to biofortification. **Journal of Biological Chemistry**, v. 295, n. 34, p. 12002-12013, 2020. DOI: [10.1074/jbc.REV120.010918](https://doi.org/10.1074/jbc.REV120.010918)

GRAFFAR, A.; AKRAM, N. A.; ASHRAF, M.; ASHARAF, Y.; SADIQ, M. Thiamin-induced variations in oxidative defense processes in white clover (*Trifolium repens* L.) under water deficit stress. **Turkish Journal of Botany**, v. 43, n. 1, p. 58-66, 2019. DOI: [10.3906/bot-1710-34](https://doi.org/10.3906/bot-1710-34)

GOYER, A. Thiamine in plants: aspects of its metabolism and functions. **Phytochemistry**, v. 71, n. 14-15, p. 1615-1624, 2010. DOI: [10.1016/j.phytochem.2010.06.022](https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2010.06.022).



HAMADA, A. M.; KHULAEF, E. M. Stimulating effects of ascorbic acid, thiamine or pyridoxine on *Vicia faba* growth and some related metabolic activities. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 3, n. 8, p. 1330-1332, 2000. DOI: [10.3923/pjbs.2000.1330.1332](https://doi.org/10.3923/pjbs.2000.1330.1332)

HADIF, W. M.; ALI, M. S.; MANHAL, S. A.; IBRAHIM, Y. Effect of pyridoxine (vitamin B6) and saline stress on the growth and antioxidant enzymes of wheat *Triticum aestivum* L. **Annals of the Romanian Society for Cell Biology**, v. 25, n. 3, p. 4470-4476, 2021. Disponível em: <https://annalsofrscb.ro/index.php/journal/article/view/1943>

HAVAUX, M.; KSAS, B.; SZEWCZYK, A.; RUMEAU, D.; FRANCK, F.; CAFFARRI, S.; TRIANTAPHYLIDÈS, C. Vitamin B6 deficient plants display increased sensitivity to high light and photo-oxidative stress. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 9, n. 130, 2009. DOI: [10.1186/1471-2229-9-130](https://doi.org/10.1186/1471-2229-9-130).

HENDAWY, S. F.; EL-DIN, A. A. E. Growth and yield of *Foeniculum vulgare* var. azoricum as influenced by some vitamins and amino acids. **Ozean Journal Applied Science**, v. 3, n. 1, p. 113-123, 2010

JABEEN, M., AKRAM, N. A., ASHRAF, M., ALYEMENI, M. N., & AHMAD, P. Thiamin stimulates growth and secondary metabolites in turnip (*Brassica rapa* L.) leaf and root under drought stress. **Physiologia Plantarum**, v. 172, n. 2, p. 1399-1411, 2021. DOI: [10.1111/ppl.13215](https://doi.org/10.1111/ppl.13215).

KAYA, C., ASHRAF, M., SONMEZ, O., TUNA, A. L., POLAT, T., & AYDEMIR, S. Exogenous application of thiamin promotes growth and antioxidative defense system at initial phases of development in salt-stressed plants of two maize cultivars differing in salinity tolerance. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 37, n. 1, p. 1-12, 2015. DOI: [10.1007/s11738-014-1741-3](https://doi.org/10.1007/s11738-014-1741-3).

LU, C. C.; TIAN, Y.; HOU, X.; HOU, X.; JIA, Z.; MINLI; HAO, M.; JIANG, Y.; QINGBIN, W.; PU, Q.; YIN, Z.; LI, Y.; LIU, B.; KANG, X.; ZHANG, G.; DING, X.; LIU, Y. Multiple forms of vitamin B6 regulate salt tolerance by balancing ROS and abscisic acid levels in maize root. **Stress Biology**, v. 2, n. 1, p. 1-14, 2022. DOI [10.1007/s44154-022-00061-2](https://doi.org/10.1007/s44154-022-00061-2)

MELO, B.; SOUSA, L. B. Biologia da reprodução de *Coffea arábica*. L. e *Coffea canephora* Pierre. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 2, p. 1, 2011. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7432859>

MOMBEINI, M.; ANSARI, N. A.; ABDOSI, V.; NASERI, A. Reducing destructive effects of drought stress on cucumber through seed priming with silicic acid, pyridoxine, and ascorbic acid along with foliar spraying with silicic acid. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, v. 86, n. 1, p. 35-49, 2021. Disponível em: <https://hrcak.srce.hr/255026>

MOONEY, S.; HELLMANN, H. Vitamin B6: Killing two birds with one stone?. **Phytochemistry**, v. 71, n. 5-6, p. 495-501, 2010. DOI: [10.1016/j.phytochem.2009.12.015](https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2009.12.015).

NASSAR, R. M.; ARAFA, A.; FAROUK, S. Effect of foliar spray with pyridoxine on growth, anatomy, photosynthetic pigments, yield characters and biochemical constituents of seed oil of sesame plant (*Sesamum indicum* L.). **Middle East Journal of Applied Sciences**, v. 7, n. 1, p. 80-91, 2017.

PIZETTA, S. C.; OLIVEIRA, A. C. R.; REIS, E. F.; RODRIGUES, R. R.; OLMO, B. T. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1090-1101, 2012.

PERUZZOLO, M.; CRUZ, B.; RONQUI, L. Polinização e produtividade do café no Brasil. **PUBVET**, v.13, n.4, p.1-6, 2019. DOI: [10.31533/pubvet.v13n4a317.1-6](https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n4a317.1-6)

QUEIRONGA, V. P.; GOMES, J. P.; MELO, B. A.; ALBUQUERQUE, E. M. B. Cultivo do café (*Coffea arábica* L.) orgânico sombreado para produção de alta qualidade. **REVISTA BARRIGUDA**, v. 1, n. 1, p. 279, 2021.

RAMALHO, J. C.; DAMATTA, F. M.; RODRIGUES, A. P.; SCOTTI-CAMPOS, P.; PAIS, I.; SANTOS, P. B.; PARTELLI, F. L.; RIBEIRO, A.; LINDON, F. C.; LEITÃO, A. E. F. M. Cold impact and acclimation response of *Coffea* spp. plants. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 26, n. 1, p. 5-18, 2014. DOI: [10.1007/s40626-014-0001-7](https://doi.org/10.1007/s40626-014-0001-7)

RAMOS, E. B.; RAMOS, S. B.; RAMOS, S. B.; DE FIGUEIREDO, P. A. M.; VIANA, R. S.; VENDRUSCOLO, E. P.; DE LIMA, S. F. Does Exogenous Vitamins Improve the

Morphophysiological Condition of Sugarcane Subjected to Water Deficit. **Sugar Tech**, v. 24, n. 3, p. 3-6, 2022. DOI: [/10.1007/s12355-022-01177-5](https://doi.org/10.1007/s12355-022-01177-5)

RASCHKE, M., BOYCHEVA, S., CRÈVECOEUR, M., NUNES-NESE, A., WITT, S., FERNIE, A.R., AMRHEIN, N.; FITZPATRICK, T.B. Enhanced levels of vitamin B6 increase aerial organ size and positively affect stress tolerance in Arabidopsis. **The Plant Journal**, n. 66, p. 414-432, 2011. DOI: [10.1111/j.1365-313X.2011.04499.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2011.04499.x).

SEMEDO, J. N.; RODRIGUES, A. P.; LIDO, F. C.; PAIS, I. P.; MARQUES, D. G.; ARMENGAUD, J.; SILVA, M. J.; MARTINS, S.; SEMEDO, M. C.; DUBBERSTEIN, D.; PARTELLI, F. L.; REBOREDO, F. H.; SCOTTI-CAMPOS, P.; BARROS, A. I.; DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. C. Intrinsic non-stomatal resilience to drought of the photosynthetic apparatus in Coffea spp. is strengthened by elevated air [CO<sub>2</sub>]. **Tree Physiology**, v. 41, n. 5, p. 708-727, 2021. DOI: [10.1093/treephys/tpaa158](https://doi.org/10.1093/treephys/tpaa158)

SOLTANI, Y.; SAFFARI, V. R.; MOUD, A. A. M.; MEHRABANI, M. Effect of foliar application of  $\alpha$ -tocopherol and pyridoxine on vegetative growth, flowering, and some biochemical constituents of *Calendula officinalis* L. plants. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 56, p. 11931-11935, 2012. DOI: [10.5897/AJB11.4273](https://doi.org/10.5897/AJB11.4273)

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017. 761 p.

VENDRUSCOLO, E. P.; DE OLIVEIRA, P. R.; SERLEGUINI, A. Aplicação de niacina ou tiamina promovem incremento no desenvolvimento de mostarda. **Revista de Ciências Agronômicas**, Ilhas Solteira, v. 26, n. 3, p. 433-442, 2017. DOI: [10.32929/2446-8355.2017v26n3p433-442](https://doi.org/10.32929/2446-8355.2017v26n3p433-442)

VENDRUSCOLO, E. P.; MARTINS, A. P.; SERLEGUINI, A. Doses e parcelamento de niacina no desenvolvimento inicial de meloeiro cantaloupe. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 11, n. 3, p. 209-214, 2017. DOI: [10.18227/1982-8470ragro.v11i3.4009](https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i3.4009)

VENDRUSCOLO, E. P.; SELEGUINI, A. Effects of vitamin pre-sowing treatment on sweet maize seedlings irrigated with saline water. **Acta Agronômica**, v. 69, n. 1, p. 20-25, 2020. DOI: [10.15446/acag.v69n1.67528](https://doi.org/10.15446/acag.v69n1.67528)

VENDRUSCOLO, E. P.; RODRIGUES, A. H. A.; OLIVEIRA, P. R.; LEITÃO, R.A.; CAMPOS, L. F. C.; SELEGUINI, A.; LIMA, S. F. Exogenous application of vitamins in upland rice. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2019. DOI: [10.32404/rean.v6i2.3241](https://doi.org/10.32404/rean.v6i2.3241)

VENDRUSCOLO, E. P.; SIQUEIRA, A. P. S.; RODRIGUES, A. H. A.; DE OLIVEIRA, P. R.; CORREIA, S. R.; SELEGUINI, A. Viabilidade econômica do cultivo de milho doce submetido à inoculação com *Azospirillum brasilense* e soluções de tiamina. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 61, p. 1-7, 2018. DOI: [10.22491/rca.2018.2674](https://doi.org/10.22491/rca.2018.2674)

YOUNIS, A. S. M.; SADAK, M. S. H.; BAKRY, B.A.; RAMADAN, A. A. Foliar application influence of pyridoxine and thiamine on growth, qualitative and quantitative traits of faba bean grown in sandy soil. **American-Eurasian Journal of Agronomy**, v. 2, n. 13, p. 30-38, 2020. DOI: [10.5829/IDOSI.AEJA.2020.30.38](https://doi.org/10.5829/IDOSI.AEJA.2020.30.38)

ZAMANIPOUR, M. Effects of Pyridoxine, Thiamine and Folic acid on Growth, Reproductive and Biochemical Characteristics of Delphus Tomato. **Journal of Horticultural Science**, v. 35, n. 2, p. 283-300, 2021. DOI: [10.22067/JHS.2021.61961.0](https://doi.org/10.22067/JHS.2021.61961.0)

## **CAPÍTULO 2. A APLICAÇÃO DE VITAMINAS AMENIZA OS EFEITOS DA SALINIDADE EM PLANTAS DE CAFÉ?**

**RESUMO:** O cultivo de café tem sofrido com as restrições hídricas, fazendo-se necessário a utilização de águas salinas, sendo necessário a aplicação de técnicas que contribuam na mitigação de seus efeitos nocivos sobre a planta, e a aplicação de vitaminas tem demonstrando eficiência, propiciando melhores condições fisiológicas do desenvolvimento e defesa vegetal. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de tiamina, nicotinamida e piridoxina em plantas de cafeeiros arábica submetidas à irrigação com solução salina. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, sendo oito tratamentos e seis repetições (Tratamento 1: irrigação com água e sem aplicação de vitamina (testemunha); tratamento 2: irrigação com água + nicotinamida (200 mg L<sup>-1</sup>); tratamento 3: irrigação com água + piridoxina (200 mg L<sup>-1</sup>); tratamento 4: irrigação com água + tiamina (200 mg L<sup>-1</sup>); tratamento 5: irrigação com solução salina sem aplicação de vitamina (testemunha); tratamento 6: irrigação com solução salina + nicotinamida (200 mg L<sup>-1</sup>); tratamento 7: irrigação com solução salina + piridoxina; tratamento 8: irrigação com solução salina + tiamina. Avaliaram-se as características relacionadas à troca gasosa nas plantas, índice relativo de clorofila, incremento em altura e diâmetro do caule. A aplicação das vitaminas atenuou os efeitos da irrigação com solução salina, incrementando na transpiração, manutenção das trocas gasosas e fotossíntese líquida em relação ao tratamento controle, sendo a tiamina responsável pelo aumento da eficiência do uso da água e carboxilação. Ambas as vitaminas proporcionaram diminuição da matéria seca de folha e massa seca total, enquanto que a solução salina propiciou aumento da massa seca de raiz. Assim, conclui-se que a utilização de solução com elevada salinidade prejudica o aparato fotossintético e o crescimento das mudas de café, e a aplicação de vitaminas auxilia na amenização destes efeitos deletérios.

**PALAVRA-CHAVE:** *Coffea arábica*, proteção vegetal, bioestimulante, estresse abiótico.

## **DOES THE APPLICATION OF VITAMINS AMENDS THE EFFECTS OF SALINITY IN COFFEE PLANTS?**

**ABSTRACT:** Coffee cultivation has suffered from water restrictions, making it necessary to use saline water, requiring the application of techniques that contribute to the mitigation of its harmful effects on the plant, and the application of vitamins has been demonstrating efficiency, providing better physiological conditions of plant development and defense. This study aimed to evaluate the effects of the application of thiamine, nicotinamide and pyridoxine in Arabica

coffee plants submitted to irrigation with saline solution. A completely randomized design was used, with eight treatments and six repetitions (Treatment 1: irrigation with water and without vitamin application (control); treatment 2: irrigation with water + nicotinamide (200 mg L<sup>-1</sup>); treatment 3: irrigation with water + pyridoxine (200 mg L<sup>-1</sup>); treatment 4: irrigation with water + thiamine (200 mg L<sup>-1</sup>); treatment 5: irrigation with saline solution without application of vitamin (control); treatment 6: irrigation with saline solution + nicotinamide (200 mg L<sup>-1</sup>); treatment 7: irrigation with saline solution + pyridoxine; treatment 8: irrigation with saline solution + thiamine. The characteristics related to gas exchange in plants, relative chlorophyll index, increment in height and stem diameter. The application of vitamins attenuated the effects of irrigation with saline solution, increasing transpiration, maintenance of gaseous exchanges and liquid photosynthesis in relation to the control treatment, with thiamine responsible for the increase in the efficiency of water use and carboxylation. Both vitamins provided a decrease in leaf dry matter and total dry mass, while the saline solution provided an increase in root dry mass. Thus, it is concluded that the use of a solution with high salinity impairs the photosynthetic apparatus and the growth of coffee seedlings, and the application of vitamins helps to mitigate these deleterious effects.

**KEY WORDS:** *Coffea arabica*, plant protection, biostimulant, abiotic stress.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A agricultura é o meio de produção que detêm importância significativa na manutenção da economia brasileira, mas é uma atividade que sofre diretamente com as mudanças climáticas, e a instabilidade hídrica (MACHADO FILHO et al., 2016). Devido a necessidade de expansão das áreas de cultivos, o uso da água potável tende a aumentar, resultando em uma possível escassez para uso humano e agrícola (SANTOS e SPOLADOR, 2022), sendo necessário aderir ao uso de águas de baixa qualidade ou salinas (SINGH, 2021).

O café é um dos produtos mais difundidos e importantes na agricultura brasileira (VU et al. 2020), e seu cultivo pode ser realizado em diferentes latitudes, mas fatores como tipo de solo, clima, localização (WINTGENS, 2004), e escassez de recurso hídrico (VU et al. 2020; SAAD et al., 2023) afetam diretamente o desenvolvimento do cafeeiro (SILVA et al., 2022). A cultura é negativamente afetada quando submetida à salinidade, o qual altera a capacidade de transporte e assimilação dos íons que são importantes para o desenvolvimento da planta (SANTOS et al., 2021), no crescimento das raízes, dificultando a absorção de nutrientes e água presentes no solo (CHEN et al. 2022). Este estresse também atua na inibição dos processos de

expansão celular, metabolismo do carbono, prejudicando a atividade enzimática e desregulando os hormônios da planta (WANG et al. 2013), e essas alterações metabólicas resultam em perdas consideráveis na produção e desenvolvimento da cultura (GADELHA et al., 2021).

O estresse salino aumenta a pressão osmótica intracelular causando um acúmulo a nível tóxico de sódio, prejudicando a saúde da planta (ZHA et al., 2021), e com a alta concentração de sódio no solo, este tende a sofrer alterações em sua porosidade e condutividade hidráulica alterando as condições fisiológicas, desestabilizando a membrana celular e degradando proteínas (HASANUZZAMAN e FUJITA, 2022), e estimulando a concentração de biomassa (LI et al., 2023).

Os efeitos da salinidade sobre os vegetais pode variar de acordo com a intensidade da luz, clima, espécie e as condições do solo que são expostas (TANG et al. 2015), e a utilização de água com altos níveis de salinidade é uma alternativa viável para fins de produção agrícola (COVA et al. 2020), quando adotado medidas que reduzam impactos nocivos ao solo e plantas (PÉREZ-DOMÍNGUEZ, 2023). Para tanto, novas tecnologias vêm sendo estudadas com o intuito de amenizar os efeitos abióticos dos ambientes de cultivo, entre estas estão as vitaminas do complexo B.

A aplicação de vitaminas tem demonstrado ser efetiva na mitigação dos efeitos abióticos sofrido pelas plantas (RAMOS et al., 2022), contribuindo para o aumento da produtividade, e resistência às variações climáticas (VENDRUSCOLO et al., 2019), viabilizando o cultivo em ambientes com níveis elevados de estresse abiótico (CONTIERI et al., 2018), melhorando as funções metabólicas e na reserva de nutrientes nas plantas (TAIZ et al., 2017).

As vitaminas do complexo B estão presentes em processos de produção de energia nas células (DEMIR et al. 2023), atuando como cofatores em enzimas críticas e na liberação energética de macronutrientes (TARDY et al. 2020), e dentre as vitaminas, a tiamina (B1) tem beneficiado no desenvolvimento de diferentes culturas (VENDRUSCOLO et al., 2019), tais como tomate (ZAMANIPOU, 2021), nabo (JABEEN et al., 2020), pimenta (SILVA et al., 2021), atuando no mecanismo de defesa (KAYA et al., 2015), aumentando a resistência a estresses abióticos (GOYER, 2010), estimulando maior crescimento e desenvolvimento das plantas (JABEEN et al., 2020).

Assim como a tiamina, a nicotinamida (B3) apresenta funções importantes quando aplicada de forma exógena em espécies vegetais, atuando no desenvolvimento radicular, ativando as enzimas responsáveis pela redução do carbono presente na fotossíntese, estando presente também como componente do NAD<sup>+</sup> e NADP<sup>+</sup>, e atenuando os estresses abióticos e bióticos sofrido pelas plantas (KIRKLAND e MEYER-FICCA, 2018).

A aplicação de piridoxina (B6), assim como as citadas anteriormente, também promove efeitos positivos quanto ao desenvolvimento de culturas, por estar presente no processo de biossíntese das plantas (MOONEY e HELLMAN, 2010), atuando como elemento significativo na resistência aos estresses abióticos (HAVAUX et al., 2009; RASCHKE et al., 2011), e no processo germinativo, contribuindo também no processo de degradação de hormônios vegetais (COLINAS et al., 2016).

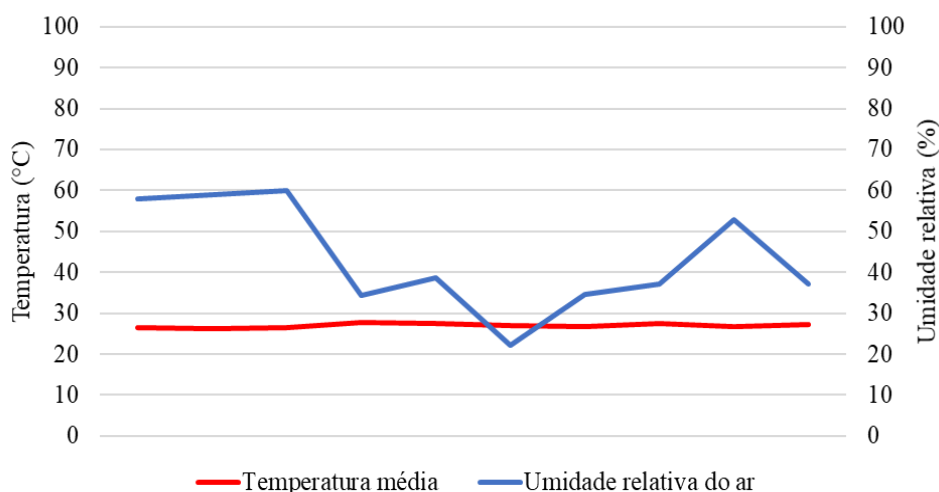
Com base na hipótese de que a aplicação de vitaminas do complexo B contribui no incremento das características fisiológicas, induzindo a tolerância ao estresse salino, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de tiamina, nicotinamida e piridoxina em plantas de cafeeiros arábica submetidas à irrigação com solução salina.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1 Localização da área de realização do experimento

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, em novembro de 2022, na área experimental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Cassilândia, Brasil.

O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo tropical chuvoso (Aw), com verão chuvoso e inverno seco (precipitação no inverno menor que 60 mm), com precipitação e temperatura média anual de 1.520 mm e 24,1 °C, respectivamente. Durante o período experimental, os dados micrometeorológicos foram coletados diariamente, por equipamento instalado no interior da casa de vegetação onde o experimento foi conduzido (Figura 4).





**Figura 4.** Condições micrometeorológicas de temperatura média (°C) e umidade relativa do ar (UR) durante o período de condução do experimento.

### **2.2.2. Delineamento experimental e distribuição dos tratamentos**

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com oito tratamentos e 6 repetições. Foi utilizado 48 mudas de café arábica “IPR 100: Os tratamentos foram constituídos por: Tratamento 1: irrigação com água e sem aplicação de vitamina (testemunha); tratamento 2: irrigação com água + nicotinamida (200 mg L<sup>-1</sup>); tratamento 3: irrigação com água + piridoxina (200 mg L<sup>-1</sup>); tratamento 4: irrigação com água + tiamina (200 mg L<sup>-1</sup>); tratamento 5: irrigação com solução salina sem aplicação de vitamina (testemunha); tratamento 6: irrigação com solução salina + nicotinamida (200 mg L<sup>-1</sup>) (NaCl+B1); tratamento 7: irrigação com solução salina + piridoxina (NaCl+B6); tratamento 8: irrigação com solução salina + tiamina (NaCl+B1).

Foi feita aplicação foliar de água (controle) e soluções de nicotinamida (200 mg L<sup>-1</sup>), tiamina (200 mg L<sup>-1</sup>) e piridoxina (200 mg L<sup>-1</sup>) via foliar em todas as mudas. As soluções vitamínicas foram preparadas em água, e sua aplicação foi realizada com o uso de uma bomba manual de plástico. Foi feita aplicação de 1 mL de solução vitamínica por planta. A preparação da solução salina foi realizada a partir da diluição de NaCl em água. Após aplicação das vitaminas, foi realizado uma rega diária das mudas durante dez dias com 50 ml de água fresca e solução salina (4 dS m<sup>-1</sup>), por vaso e de acordo com o tratamento.

### **2.2.3. Atributos fisiológicas**

Após a aplicação das vitaminas foram avaliadas as características de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), concentração de CO<sub>2</sub> intracelular (Ci) e transpiração (E), durante a parte da manhã, quando as plantas estavam em plena atividade de trocas gasosas, entre 08:00 e 10:00 horas, por meio de um medidor de fotossíntese portátil (LCi, ADC Bioscientific, Hertfordshire, Reino Unido).

Foi realizado a pesagem da matéria fresca da parte aérea e de raiz utilizando balança analítica, após esse processo as amostras foram colocadas para secar em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72h, até a obtenção de massa constante, obtendo-se a massa seca.

### **2.2.4. Atributos de crescimento**

Um dia antes e 10 dias após a aplicação das vitaminas foi realizado a medição de altura, diâmetro de caule e número de folhas. A medição da altura foi realizada com a trena graduada,

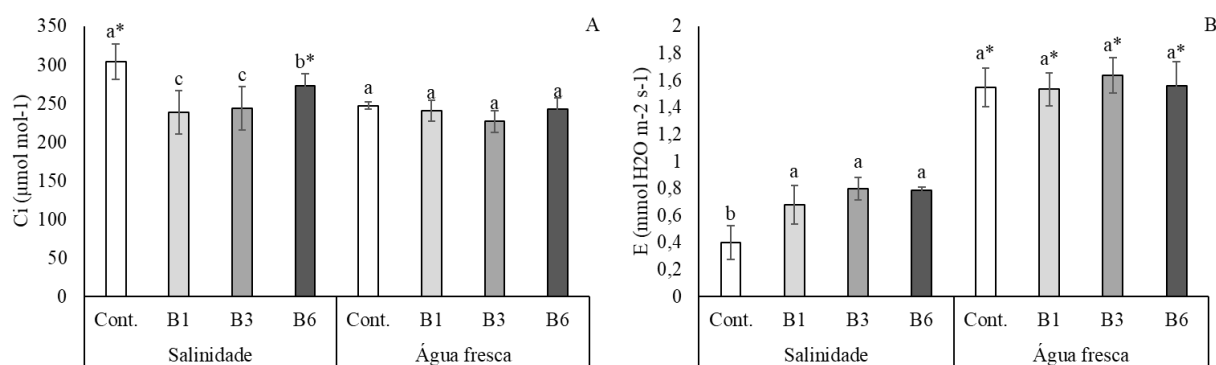
medindo desde a base da planta até o ponto mais alto da planta. O diâmetro do caule foi mensurado utilizando o paquímetro digital em que foi medido 2 cm acima do nível do solo. O número de folhas foi realizado através da contagem manual.

### 2.2.5. Análise Estatística

Os dados foram submetidos aos testes preliminares de normalidade e homocedasticidade. Em seguida, as médias foram submetidas a análise de variância (ANOVA) e aquelas relativas à aplicação das vitaminas foram comparadas pelo teste de Tukey, enquanto que as médias relacionadas à presença ou ausência de salinidade foram comparadas pelo teste t (LSD), ambas ao nível de 5% de probabilidade. As análises foram realizadas utilizando o software estatístico SISVAR (Ferreira et al., 2014).

## 2.3. RESULTADOS

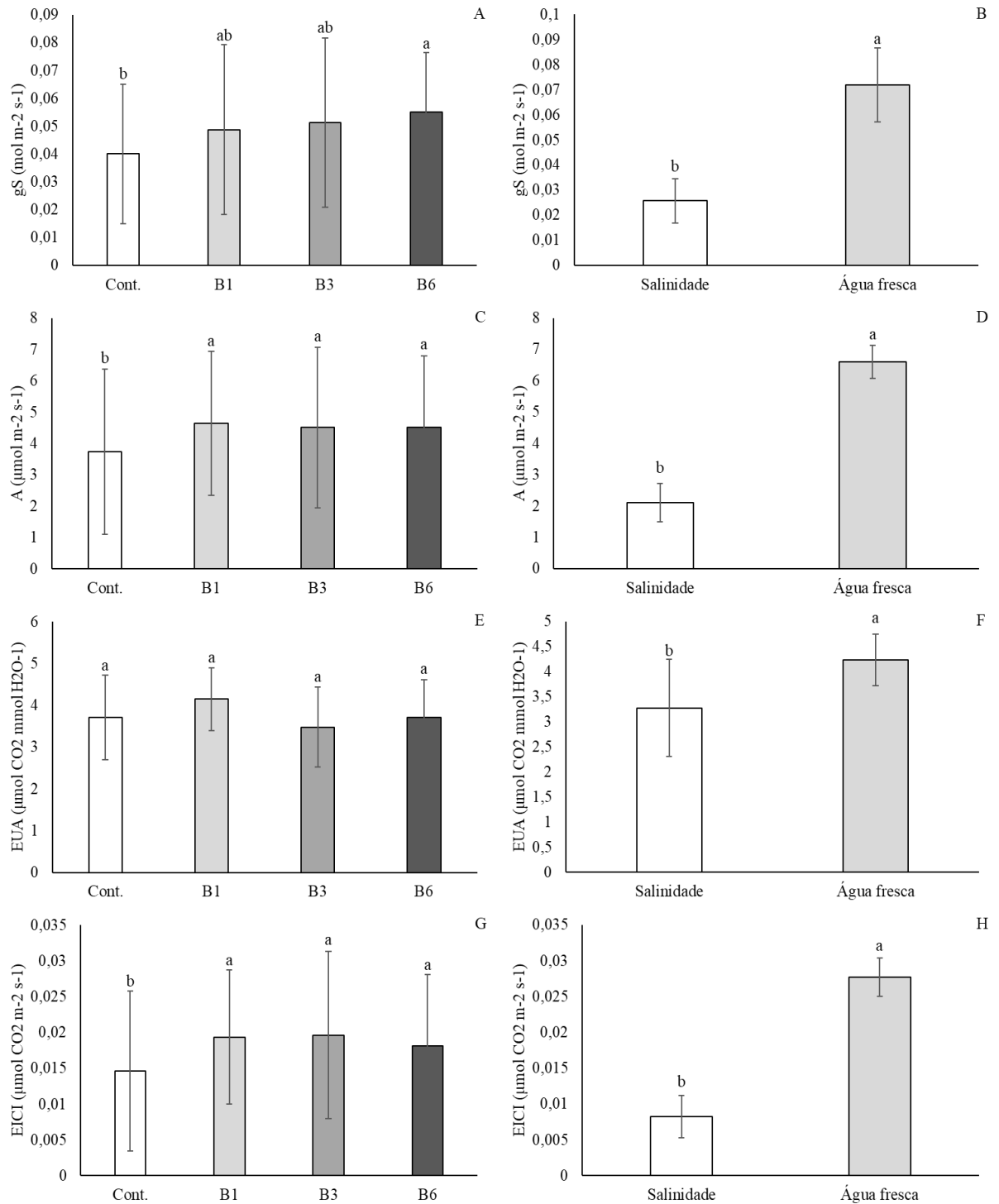
Para a característica de conteúdo de  $\text{CO}_2$  intracelular (Ci) de plantas submetidas ao estresse por salinidade houve superioridade do tratamento controle sobre os demais, seguida pelo tratamento em que houve a aplicação da piridoxina, enquanto que para as plantas mantidas sob irrigação sem acréscimo da salinidade não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos (Figura 5A).



**Figura 5.** Valores médios de conteúdo de  $\text{CO}_2$  intracelular (A) e transpiração (B) em plantas de café submetidas à aplicação de vitaminas e diferentes níveis de salinidade da irrigação. Controle (cont.), tiamina (B1), nicotinamida (B3), piridoxina (B6). Letras minúsculas diferentes e \* representam diferença significativa entre tratamentos com aplicação das vitaminas e níveis de salinidade, respectivamente, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

A transpiração (E) foi incrementada pela aplicação das vitaminas quando as plantas foram submetidas à irrigação com elevada salinidade, enquanto que para as plantas mantidas

sob irrigação com baixa salinidade não houve alterações significativas pela aplicação das vitaminas. Em complemento, a transpiração foi maior em todas os tratamentos em condições de irrigação com água fresca (Figura 5B).



**Figura 6.** Valores médios de conteúdo de condutância estomática, fotossíntese líquida, eficiência do uso da água e eficiência de carboxilação em plantas de café submetidas à aplicação de vitaminas (A, C, E e G) e diferentes níveis de salinidade da irrigação (B, D, F e H). Controle

(cont.), tiamina (B1), nicotinamida (B3), piridoxina (B6). Letras minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

Para a condutância estomática, verificou-se que a aplicação de piridoxina proporcionou incremento da característica em relação ao tratamento controle, porém sem diferenciar-se significativamente dos tratamentos com tiamina e nicotinamida (Figura 6A), enquanto que a irrigação com alta salinidade da solução resultou na queda desta mesma característica (Figura 6B).

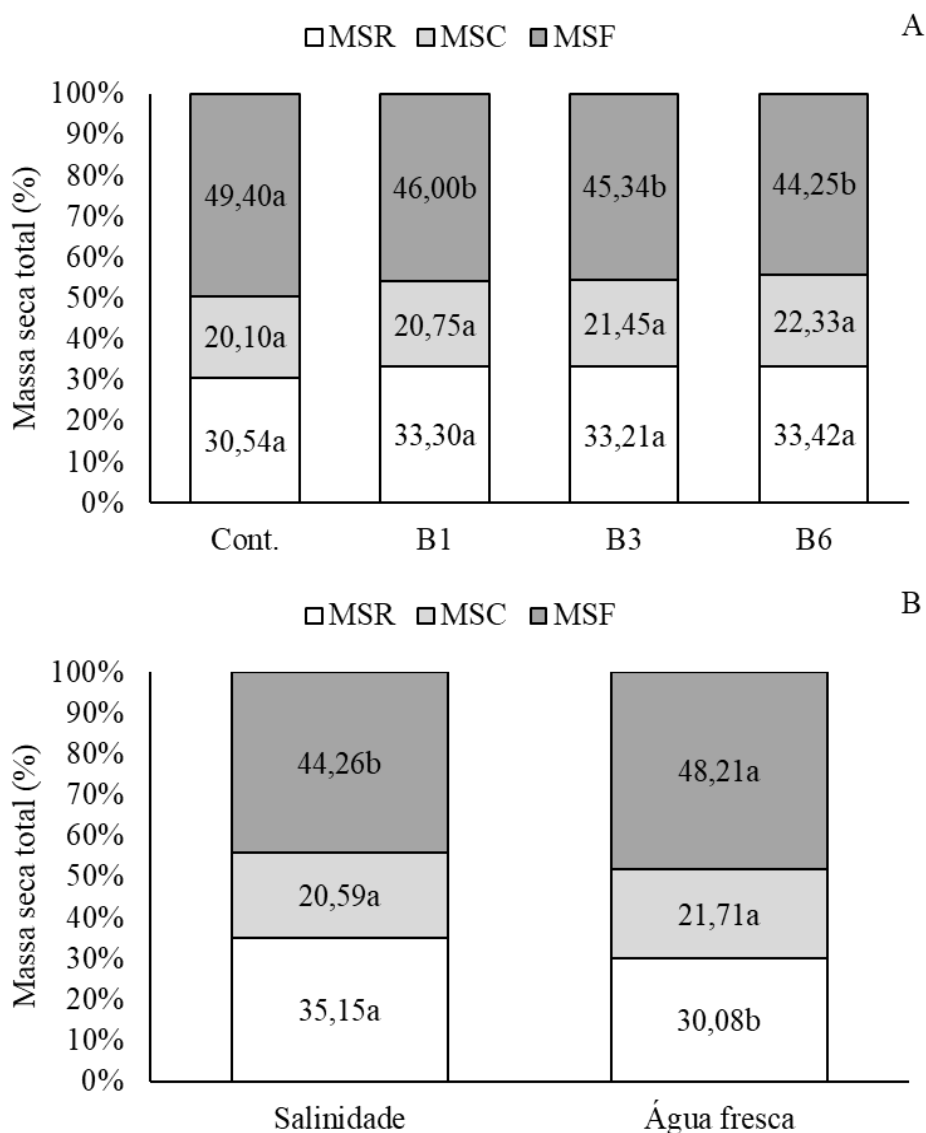
Para fotossíntese líquida (A), verificou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos com aplicação das vitaminas, sendo estas superiores ao controle (Figura 6C), a irrigação com alta salinidade resultou na queda da A (Figura 6D).

Verificou-se que para a eficiência do uso da água (EUA), a aplicação de tiamina promoveu incremento em relação aos tratamentos controle, piridoxina e nicotinamida, mas não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Figura 6E), a irrigação com água fresca diferiu significativamente do tratamento com solução salina (Figura 6F).

Verificou-se que a aplicação de tiamina e nicotinamida incrementou a eficiência de carboxilação (EICI), não apresentando diferença significativa dos tratamentos controle e piridoxina (Figura 6G). A irrigação com água fresca incrementou a EICI, enquanto o tratamento com solução salina apresentou queda (Figura 6H).

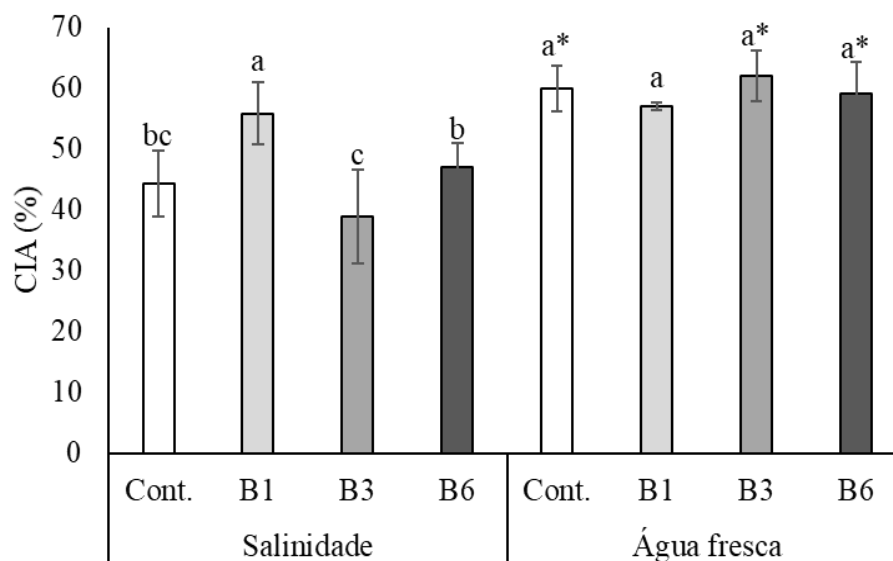
A distribuição da massa seca nas plantas de café foi significativamente afetada, tanto pela aplicação das vitaminas quanto pela salinidade da solução de irrigação, sendo que as três vitaminas utilizadas (Figura 7A) resultaram em um decréscimo na participação da massa seca de folhas. E o aumento da salinidade (Figura 7B), resultando tanto no decréscimo na participação da massa seca de folhas quanto no aumento da participação da massa seca de raízes.

Nesse sentido, em relação ao tratamento controle, verificou-se que a utilização da tiamina, nicotinamida e piridoxina ocasionou um decréscimo de 3,40%, 4,06% e 5,15%, respectivamente sobre a participação da massa seca de folhas sobre a massa seca total das plantas, enquanto que o aumento da salinidade diminuiu em 3,95% a participação da massa seca de folhas e incrementou em 5,07% a participação da massa seca de raízes.



**Figura 7.** Distribuição da massa seca em plantas de café submetidas à aplicação de vitaminas (A) e diferentes níveis de salinidade da irrigação (B). Controle (cont.), tiamina (B1), nicotinamida (B3), piridoxina (B6). Letras minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade. MSR = massa seca de raízes; MSC = massa seca de caule; MSF = massa seca de folhas.

Para o conteúdo interno de água, foi verificada a superioridade do tratamento com tiamina quando as plantas foram submetidas a irrigação com elevada salinidade. Também, foi constatado que o incremento na salinidade da água de irrigação diminuiu o conteúdo interno de água no tratamento controle e naqueles contendo a aplicação de nicotinamida e piridoxina (Figura 8).



**Figura 8.** Conteúdo interno de água (CIA) em plantas de café submetidas à aplicação de vitaminas e diferentes níveis de salinidade da irrigação. Controle (cont.), tiamina (B1), nicotinamida (B3), piridoxina (B6). Letras minúsculas diferentes e \* representam diferença significativa entre tratamentos com aplicação das vitaminas e níveis de salinidade, respectivamente, pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

## 2.4. DISCUSSÃO

Verificou-se que as vitaminas atuaram positivamente para a manutenção das atividades de troca gasosa quando as plantas se encontravam em condição de salinidade (Figura 5) ou independentemente desta (Figura 6). Este fato se deve às características das vitaminas e suas atuações em diferentes porções do metabolismo, conferindo caráter protetivo e/ou bioestimulante (VENDRUSCOLO et al., 2022; LIMA et al., 2023).

Quando aplicadas de maneira exógena, as vitaminas atuam na manutenção das funções metabólicas e de defesa das plantas, participando do processo de fotossíntese (Figura 6C) e respiração celular (FITZPATRICK e CHAPMAN, 2020). Nesse sentido, a aplicação de nicotinamida propicia a mitigação dos efeitos deletérios causados estresses abióticos, fortalecendo as defesas e contribuindo para manutenção dos aparatos fotossintéticos (Figura 6C), aumentando a funcionalidade dos estômatos (Figura 6A) e funcionamento das células (RAMOS et al., 2022). Esta vitamina também possui importante participação na manutenção do metabolismo celular, uma vez que sua presença ativa o metabolismo enzimático de recuperação, contornando os efeitos deletérios provenientes da formação das espécies reativas de oxigênio (LIU e HE, 2016; BERGLUND et al., 2017).

Independentemente do nível de salinidade a nicotinamida possibilitou o incremento das atividades relacionadas à eficiência de carboxilação (Figura 6G). Esse resultado pode ser relacionado a um aumento da atividade de transferência de energia no fotossistema, transformando a energia química em fotoassimilados utilizados durante a divisão celular, por exemplo (DONG et al., 2015). Isso possibilita ganhos em crescimento, como observado para mudas de café, em que a presença da nicotinamida promoveu o aumento da qualidade de mudas por meio da ação bioestimulante (LIMA et al., 2023), o mesmo foi observado em grão-de-bico (SADAK et al., 2022).

A utilização de tiamina também traz benefícios para melhoria de cultivo, por atua na proteção (GOYER, 2010), promovendo o aumento de metabólicos que serão utilizados nos fotossistemas, evitando assim que ocorra a oxidação, regulando o metabolismo do carbono (KAYA et al., 2015), contribuindo para o desenvolvimento (TAIZ et al., 2017), acúmulo de reservas (BARATAK, 2003) e metabolismo das células vegetais (GOYER, 2010), contribuindo para a funcionamento das atividades celulares das plantas submetidas a estresses (RAMOS et al., 2022).

A aplicação foliar de tiamina contribuiu para o aumento das atividades metabólicas, eficiência do uso da água (Figura 6E) e da carboxilação (Figura 6G), resultados semelhantes foi descrito ao aplicar tiamina (VENDRUSCOLO et al., 2022). Cultivares de milho submetidas a estresse salino ao receber aplicação foliar de vitamina B1 apresentaram aumento no seu peso seco e fresco (TUNA et al., 2013), a salinidade aplicada as mudas de café durante esse experimento propiciaram aumento da massa seca de raiz (Figura 7B). Resultados positivos com a aplicação de tiamina também foram descritos nas culturas de arroz (VENDRUSCOLO et al., 2019), milho (VENDRUSCOLO et al., 2018) e meloeiro (VENDRUSCOLO et al., 2017).

Assim como as vitaminas citadas anteriormente, a piridoxina pode atuar mitigando o estresse abiótico, melhorando as atividades fisiológicas e influenciando no aumento do crescimento da planta (MERVAT et al., 2022), estimulando o desenvolvimento e aumentando a biossíntese dos pigmentos e da taxa fotossintética (Figura 6C), estabilizando também a respiração (HAMADA e KHULAEF, 2000; SADAK, 2022). Por possuir função antioxidante, atua protegendo as células dos efeitos oxidativos que são causados pela produção de oxigênio reativo e radicais livres (MOMBEINI et al., 2021).

Efeitos positivos com a aplicação de vitamina B6 foram observados na morfologia de *Sesamum indicum* L. (NASSAR et al., 2017) e *Lupinus termis* Forssk (Boghdady, 2013), apresentando aumento de caule e espessura das folhas. Verificou-se que mudas de tremoço ao receberam irrigação com água salina apresentaram alterações morfológicas, perdas da

produtividade e pigmentos fotossintéticos, mas a aplicação de piridoxina a 200 mg/L contribuiu para o aumento da tolerância a salinidade, propiciando maior crescimento e produtividade (SADAK, 2022). O mesmo foi observado para tomate (ZAMANIPOU, 2021) e trigo (SADAK et al., 2022) ao serem tratadas com piridoxina.

Plantas submetidas a salinidade tendem a apresentar diminuição da capacidade fotossintética (KWON, MEKAPOGU e KIM, 2019; SONI et al., 2021; YASEMIN e KOKSAL, 2023), crescimento (XU et al. 2016; AHMAD et al., 2019), conforme verificado no presente estudo (Figura 5, 6) e pelos componentes responsáveis pela realização da fotossíntese o sal altera o funcionamento das clorofilas, carotenoides e enzimas (KWON, MEKAPOGU e KIM, 2019; AHMAD et al., 2019). Este efeito nocivo causado pela salinidade nas plantas depende do nível e período de tempo que a cultura fica exposta (KWON, MEKAPOGU e KIM, 2019).

Culturas expostas a salinidade tendem a apresentar mudanças morfológicas e anatômicas (YASEMIN e KOKSAL, 2023), resultando em menores tamanhos de folhas, área foliar total e altura de planta, apresentando aumento dos tricomas e no teor de água presente nas folhas (Figura 7A) (KWON, MEKAPOGU e KIM, 2019).

A espécie *Dianthus caryophyllus*, ao receber estresse salino apresentou inibição da fotossíntese líquida foliar,  $\text{CO}_2$  intracelular, transpiração e da condutância estomática, e essa diminuição do nível fotossintético pode ter resultado da redução dos teores dos pigmentos fotossintéticos ou pela concentração iônicas resultante da aplicação de NaCl, a influencia da salinidade pode ser observada sob as mudas de café (Figura 6) (KWON, MEKAPOGU e KIM, 2019). Foram observadas alterações morfológicas sobre as espécies *Eugenia myrtifolia* e *Myrtus communis* L. (ACOSTA-MOTOS et al., 2015), *Callistemon citrinus* (ÁLVAREZ e SÁNCHEZ-BLANCO, 2014) e *Callistemon laevis* (ALARESZ e SÁNCHEZ-BLANCO, 2015), ao serem submetidas a salinidade  $4 \text{ dS m}^{-1}$ .

Quando submetidas ao estresse as plantas tendem a acionar os mecanismos de proteção (DIAS et al., 2018), e as vitaminas por possuir características antioxidantes, atuam fortalecendo o sistema de defesa da planta, propiciando maior funcionalidade estomática (Figura 5B), eficiência de carboxilação (Figura 6G) (MOMBEINI et al., 2021), minimizando o efeito deletério causado pela salinidade (Figura 6) (OLIVEIRA et al., 2023).

Quando exposta ao estresse salino, a espécie *Diospyros* spp., apresentou queda em seu crescimento e aumento da peroxidação lipídica da membrana (WEI et al. 2016), a absorção de sal inibe o crescimento por causar redução da taxa fotossintética, e os sais absorvidos afetam a produção de metabólicos responsáveis pelo desenvolvimento da planta (ACOSTA-MOTOS et al. 2017). Com o aumento da salinidade pode haver fechamento dos estômatos, levando a



diminuição da taxa de transpiração (KWON, MEKAPOGU e KIM, 2019), e reduzindo a assimilação do CO<sub>2</sub> (TAIZ et al., 2017), evitando a deficiência hídrica na planta e proporcionando a diminuição da movimentação da salinidade captada pelas raízes para a parte aérea com fluxo de transpiração, a fim de realizar a regulação da quantidade de sódio presente nas folhas (HASEGAWA, 2013), resultando em maiores valores de massa seca de raiz quando comparado a massa seca de caule e folhas (Figura 7).

A irrigação com água salina modifica morfológicamente o sistema radicular (ÁLVAREZ E SÁNCHEZ-BLANCO, 2014), reduzindo seu tamanho e a condutividade hidráulica, resultando em um estresse osmótico causado pela indisponibilidade de água no meio, afetando também o crescimento da planta, e com as mudanças anatômicas ocorre o aumento dos espaços intercelulares, dos parênquima paliçádico e diminuição do parênquima esponjoso, e essas modificações resultam na redução da abertura estomática, interferindo sobre a difusão de CO<sub>2</sub> (Figura 5A) (ACOSTA-MOTOS et al. 2017).

Plantas que apresentam maior peso radicular quando comparado com a parte aérea ao serem submetidas a estresse salino (Figura 7B) tendem a reter o sal absorvido na raiz, propiciando menores concentrações na folha e caule da planta, e essa adaptação permite maior absorção de nutrientes do solo (YOSHIDA et al. 2020). Nesse sentido, a maior participação do sistema radicular na distribuição de massa seca, ocasionado pela aplicação das vitaminas (Figura 7) pode ter propiciado a manutenção da absorção de água e nutrientes, resultando na maior capacidade fotossintética (Figura 6).

A salinidade pode influenciar no aumento da massa seca da área radicular quando comparado com a parte aérea (ACOSTA-MOTOS et al. 2017), como observado para *E. japonica*, em que a irrigação com solução salina a 4 dS m<sup>-1</sup> propiciou aumento na razão entre raiz e parte aérea (GÓMEZ-BELLOT et al., 2013), resultados semelhantes foram descritos por Acoata-Motos et al., (2015) para a espécie *Myrtus communis* e *C. citrinus* (ÁLVAREZ E SÁNCHEZ, 2014). Estes relatos também assemelham-se aos resultados encontrados no presente estudo, em que a exposição à salinidade incrementou a matéria seca radicular quando comparado com a parte aérea (Figura 7B).

## 2.5. CONCLUSÃO

A utilização de solução com elevada salinidade prejudica o aparato fotossintético e o crescimento das mudas de café. Porém, aplicação exógena de vitaminas auxilia na amenização dos efeitos deletérios ocasionados pela salinidade.

## 2.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA-MOTOS, J. R.; DIAZ-VIVANCOS, P.; ÁLVAREZ, S.; FERNÁNDEZ-GARCÍA, N.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J.; HERNÁNDEZ, J. A. NaCl-induced physiological and biochemical adaptative mechanisms in the ornamental *Myrtus communis* L. **plants. Journal of Plant Physiology**, 183, 41-51, 2015. DOI: [10.1016/j.jplph.2015.05.005](https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.05.005)

ACOSTA-MOTOS, J. R.; ORTUÑO, M. F.; BERNAL-VICENTE, A.; DIAZ-VIVANCOS, P.; SANCHEZ-BLANCO, M. J.; HERNANDEZ, J. A. Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. **Agronomy**, v. 7, n. 1, p. 18, 2017. DOI: [10.3390/agronomy7010018](https://doi.org/10.3390/agronomy7010018)

ÁLVAREZ, S.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Long-term effect of salinity on plant quality, water relations, photosynthetic parameters and ion distribution in *Callistemon citrinus*. **Plant Biology**, v. 16, n. 4, p. 757-764, 2014. DOI: [10.1111/plb.12106](https://doi.org/10.1111/plb.12106)

ÁLVAREZ, S.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Comparison of individual and combined effects of salinity and deficit irrigation on physiological, nutritional and ornamental aspects of tolerance in *Callistemon laevis* plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 185, p. 65-74, 2015. DOI: [10.1016/j.jplph.2015.07.009](https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.07.009)

AHMAD, S.; KAMRAN, M.; DING, R.; MENG, X.; WANG, H.; AHMAD, I.; FAHAD, S.; HAN, Q. Exogenous melatonin confers drought stress by promoting plant growth, photosynthetic capacity and antioxidant defense system of maize seedlings. **PeerJ Plant Biology**, v. 7, p. e7793, 2019. DOI: [10.7717/peerj.7793](https://doi.org/10.7717/peerj.7793)

BARAKAT, H. O. D. A. Interactive effects of salinity and certain vitamins on gene expression and cell division. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 3, p. 219-225, 2003. DOI: [1560-8530/2003/05-3-219-225](https://doi.org/10.15663/2003/05-3-219-225)

BERGLUND, T.; WALLSTRÖM, A.; NGUYEN, T. V.; LAURELL, C.; OHLSSON, A. B. Nicotinamide; antioxidative and DNA hypomethylation effects in plant cells. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 118, p. 551-560, 2017. DOI: [10.1016/j.plaphy.2017.07.023](https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.07.023)

BOGHDADY, M. S. Efficiency of pyridoxine on the growth, yield, seed quality and anatomy of Egyptian lupine (*Lupinus termis* Forssk.). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*,

v. 7, n. 1, p. 448-456, 2013. Disponível em:  
<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133189989>

COVA, A. M. W.; NETO, A. D. A.; SILVA, P. C. C.; MENEZES, R. V.; RIBAS, R. F.; GHEYI, H. R. Physiological and biochemical responses and fruit production of noni (*Morinda citrifolia* L.) plants irrigated with brackish water. **Scientia Horticulturae**, v. 260, p. 108852, 2020. DOI: [10.1016/j.scienta.2019.108852](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108852)

COLINAS, M.; EISENHUT, M.; TOHGE, T.; PESQUERA, M.; FERNIE, A. R.; WEBER, A. P. M.; FITZPATRICK, T. B. Balancing of B6 Vitamers Is Essential for Plant Development and Metabolism in Arabidopsis. **The Plant Cell**, v. 28, n. 2, p. 439-453, 2016. DOI: [10.1105/tpc.15.01033](https://doi.org/10.1105/tpc.15.01033)

CONTIERI, G. A.; CHINI, M. A.; MARGARIDO, V. O.; PELEGRINI, R. T. Desenvolvimento de técnica de clonagem de plantas por processo de estaquias in vitro empregando vitamina b1 como regulador de enraizamento. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 12, n. 4, p. 383-393, 2018.

CHEN, G.; ZHENG, D.; FENG, N.; ZHOU, H.; MU, D.; ZHAO, L.; SHEN, X.; RAO, G.; MENG, F.; HUANG, A. Physiological mechanisms of ABA-induced salinity tolerance in leaves and roots of rice. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 1-26, 2022. DOI: [10.1038/s41598-022-11408-0](https://doi.org/10.1038/s41598-022-11408-0)

DEMIR, B.; GÜRBÜZ, M.; ÇATAK, J.; UĞUR, H.; DUMAN, E.; BECEREN, Y.; YAMAN, M. In vitro bioaccessibility of vitamins B1, B2, and B3 from various vegetables. **Food Chemistry**, v. 398, p. 133944, 2023. DOI: [10.1016/j.foodchem.2022.133944](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133944)

DIAS, A. S.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. A. da. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica do gergelim sob estresse salino e adubação com nitrato-amônio. **Irriga**, v. 23, n. 2, p. 220-234, 2018. DOI: [10.15809/irriga.2018v23n2p220-234](https://doi.org/10.15809/irriga.2018v23n2p220-234)

DONG, W.; STOCKWELL, V. O.; GOYER, A. Enhancement of thiamin content in *Arabidopsis thaliana* by metabolic engineering. **Plant and Cell Physiology**, v. 56, n. 12, p. 2285-2296, 2015. DOI: [10.1093/pcp/pcv148](https://doi.org/10.1093/pcp/pcv148)

DOS SANTOS, T. B.; BABA, V. Y.; VIEIRA, L. G. E.; PEREIRA, L. F. P.; DOMINGUES, D. S. The urea transporter DUR3 is differentially regulated by abiotic and biotic stresses in coffee plants. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 27, n. 2, p. 203-212, 2021. DOI: [10.1007/s12298-021-00930-6](https://doi.org/10.1007/s12298-021-00930-6)

FERREIRA, D. F. Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas Bootstrap. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, p. 109-112, 2014. DOI: [10.1590/S1413-70542014000200001](https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001)

FITZPATRICK, T. B.; CHAPMAN, L. M. The importance of thiamine (vitamin B1) in plant health: From crop yield to biofortification. **Journal of Biological Chemistry**, v. 295, n. 34, p. 12002-12013, 2020. DOI: [10.1074/jbc.REV120.010918](https://doi.org/10.1074/jbc.REV120.010918)

GADELHA, C. G.; COUTINHO, Í. A. C.; PINHEIRO, S. K. P.; MIGUEL, E. C.; HENRIQUE, H.; LOPES, C. L. S.; GOMES-FILHO, E. Sodium uptake and transport regulation, and photosynthetic efficiency maintenance as the basis of differential salt tolerance in rice cultivars. **Environmental and Experimental Botany**, v. 192, p. 104654, 2021. DOI: [10.1016/j.envexpbot.2021.104654](https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104654)

GOYER, A. Thiamine in plants: aspects of its metabolism and functions. **Phytochemistry**, v. 71, n. 14-15, p. 1615-1624, 2010. DOI: [10.1016/j.phytochem.2010.06.022](https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2010.06.022)

GÓMEZ-BELLOT, M. J.; ALVAREZ, S.; CASTILLO, M.; BAÑÓN, S.; ORTUÑO, M. F.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Water relations, nutrient content and developmental responses of *Euonymus* plants irrigated with water of different degrees of salinity and quality. *Journal of plant research*, v. 126, p. 567-576, 2013. DOI: [10.1016/j.agwat.2013.06.017](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.06.017)

HASEGAWA, P. M. Sodium (Na<sup>+</sup>) homeostasis and salt tolerance of plants. **Environmental and experimental botany**, v. 92, p. 19-31, 2013. DOI: [10.1016/j.envexpbot.2013.03.001](https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.03.001)

HAMADA, A. M.; KHULAEF, E. M. Stimulative effects of ascorbic acid, thiamin or pyridoxine on *Vicia faba* growth and some related metabolic activities. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, n. 3, p. 1330-1332, 2000. DOI: [10.3923/pjbs.2000.1330.1332](https://doi.org/10.3923/pjbs.2000.1330.1332)

HASANUZZAMAN, M.; FUJITA, M. Plant responses and tolerance to salt stress: Physiological and molecular interventions. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 9, p. 4810, 2022. DOI: [10.3390/ijms23094810](https://doi.org/10.3390/ijms23094810)

HAVAUX, M.; KSAS, B.; SZEWCZYK, A.; RUMEAU, D.; FRANCK, F.; CAFFARRI, S.; TRIANTAPHYLIDÈS, C. Vitamin B6 deficient plants display increased sensitivity to high light and photo-oxidative stress. **BMC Plant Biology**, v. 9, n. 130, 2009. DOI: [/10.1186/1471-2229-9-130](https://doi.org/10.1186/1471-2229-9-130).

JABEEN, M.; AKRAM, N. A.; ASHRAF, M.; ALYEMENI, M. N.; AHMAD, P. Thiamin stimulates growth and secondary metabolites in turnip (*Brassica rapa* L.) leaf and root under drought stress. **Physiologia Plantarum**, v. 172, n. 2, p. 1399-1411, 2021. DOI: [10.1111/ppl.13215](https://doi.org/10.1111/ppl.13215).

KAYA, C.; ASHRAF, M.; SONMEZ, O.; TUNA, A. L.; POLAT, T.; AYDEMIR, S. Exogenous application of thiamin promotes growth and antioxidative defense system at initial phases of development in salt-stressed plants of two maize cultivars differing in salinity tolerance. **Acta physiologiae plantarum**, v. 37, p. 1-12, 2015. DOI: [10.1007/s11738-014-1741-3](https://doi.org/10.1007/s11738-014-1741-3)

KWON, O. K.; MEKAPOGU, M.; KIM, K. S. Effect of salinity stress on photosynthesis and related physiological responses in carnation (*Dianthus caryophyllus*). **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 60, p. 831-839, 2019. DOI: [10.1007/s13580-019-00189-7](https://doi.org/10.1007/s13580-019-00189-7)

KIRKLAND, J. B.; MEYER-FICCA, M. L. Niacin. In: **Advances in food and nutrition research**. Academic Press, 2018. p. 83-149. DOI: [10.1016/bs.afnr.2017.11.003](https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2017.11.003)

LI, F.; YUAN, Y.; GONG, P.; IMAZUMI, Y.; NA, R.; SHIMIZU, N. Comparative effects of mineral fertilizer and digestate on growth, antioxidant system, and physiology of lettuce under

salt stress. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, p. 1-13, 2023. DOI: 10.1007/s13580-022-00492-w

LIU, Y.; HE, C. Regulation of plant reactive oxygen species (ROS) in stress responses: learning from AtRBOHD. **Plant Cell Reports**, v. 35, p. 995-1007, 2016. DOI: [10.1007/s00299-016-1950-x](https://doi.org/10.1007/s00299-016-1950-x)

LIMA, S. F.; PINTO, P. H.; SOARES, M. P.; ANDRADE, M. G. D. O.; SIMON, C. A.; VENDRUSCOLO, E. P.; CONTARDI, L. M.; CORDEIRO, M. A. S.; ABREU, M. S. nicotinamide and azospirillum brasilense improves the quality of coffea arabica seedlings. **revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 27, p. 264-271, 2023. DOI: [10.1590/1807-1929/agriambi.v27n4p264-271](https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n4p264-271)

MACHADO FILHO, H., MORAES, C., BENNATI, P., RODRIGUES, R. DE A., GUILLES, M., ROCHA, P., LIMA, A., VASCONCELOS, I. **Mudança do clima e os impactos na agricultura familiar no Norte e Nordeste do Brasil**, 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1046425>

MOMBEINI, M.; ANSARI, N. A.; ABDOSSEI, V.; NASERI, A. Reducing destructive effects of drought stress on cucumber through seed priming with silicic acid, pyridoxine, and ascorbic acid along with foliar spraying with silicic acid. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, v. 86, n. 1, p. 35-49, 2021. Disponível em: <https://hrcak.srce.hr/file/370583>.

MOONEY, S.; HELLMANN, H. Vitamin B6: Killing two birds with one stone?. **Phytochemistry**, v. 71, n. 5-6, p. 495-501, 2010. DOI: [10.1016/j.phytochem.2009.12.015](https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2009.12.015).

NASSAR, R. M.; ARAFA, A.; FAROUK, S. Effect of foliar spray with pyridoxine on growth, anatomy, photosynthetic pigments, yield characters and biochemical constituents of seed oil of sesame plant (*Sesamum indicum* L.). **Middle East Journal of Applied Sciences**, v. 7, n. 1, p. 80-91, 2017. Disponível em: <https://www.curreweb.com/mejas/mejas/2017/80-91.pdf>

OLIVEIRA, V. K. N.; SILVA, A. A. R. D.; LIMA, G. S. D.; SOARES, L. A. D. A.; GHEYI, H. R.; LACERDA, C. F.; AZEVEDO, C. A. V.; NOBRE, R. G.; CHAVES, L. H. G.; FERNANDES, P. D.; LIMA, V. L. A. Foliar Application of Salicylic Acid Mitigates Saline

Stress on Physiology, Production, and Post-Harvest Quality of Hydroponic Japanese Cucumber. **Agriculture**, v. 13, n. 2, p. 395, 2023. DOI: [10.3390/agriculture13020395](https://doi.org/10.3390/agriculture13020395)

PÉREZ-DOMÍNGUEZ, G.; LÓPEZ-PADRÓN, I.; MARTÍNEZ-GONZÁLEZ, L.; REYES-GUERRERO, Y.; NÚÑEZ-VÁZQUEZ, M. D. L. C. Bioestimulantes promueven la germinación de semillas de arroz (*Oryza sativa* L.) en medio salino. **Cultivos Tropicales**, v. 43, n. 2, p. 10, 2023. DOI: [10.1234/ct.v43i2.1661](https://doi.org/10.1234/ct.v43i2.1661)

RAMOS, E. B.; RAMOS, S. B.; RAMOS, S. B.; DE FIGUEIREDO, P. A. M.; VIANA, R. S.; VENDRUSCOLO, E. P.; DE LIMA, S. F. Does Exogenous Vitamins Improve the Morphophysiological Condition of Sugarcane Subjected to Water Deficit. **Sugar Tech**, v. 24, n. 3, p. 3-6, 2022. DOI: [/10.1007/s12355-022-01177-5](https://doi.org/10.1007/s12355-022-01177-5)

RASCHKE, M., BOYCHEVA, S., CRÈVECOEUR, M., NUNES-NESE, A., WITT, S., FERNIE, A.R., AMRHEIN, N.; FITZPATRICK, T.B. Enhanced levels of vitamin B6 increase aerial organ size and positively affect stress tolerance in Arabidopsis. **The Plant Journal**, n. 66, p. 414-432, 2011. DOI: [/10.1111/j.1365-313X.2011.04499](https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2011.04499)

SAAD, A. M.; ELHABBAK, A. K.; ABBAS, M. H.; MOHAMED, I.; ABDELRAHMAN, M. A.; SCOPA, A.; BASSOUNY, M. A. Can deficit irrigations be an optimum solution for increasing water productivity under arid conditions? A case study on wheat plants. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 30, n. 2, p. 103537, 2023. DOI: [/10.1016/j.sjbs.2022.103537](https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103537)

SADAK, M. Biochemical responses of white termis to pyridoxine and Mycorrhizae treatment under salinity stress. **Egyptian Journal of Chemistry**, v. 65, n. 10, p. 1-2, 2022. Disponível em: [https://ejchem.journals.ekb.eg/article\\_220769\\_5bd636eca76e2b3c982791c32394fb71.pdf](https://ejchem.journals.ekb.eg/article_220769_5bd636eca76e2b3c982791c32394fb71.pdf)

SADAK, M. S.; EL-BASSIOUNY, H.; MAHFOUZ, S.; EL-ENANY, M.; ELEWA, T. Use of thiamine, pyridoxine and biostimulant for better yield of wheat plants under water stress: growth, osmoregulations, antioxidative defense and protein pattern. **Egyptian Journal of Chemistry**, 2022. DOI: [10.21608/EJCHEM.2022.160140.6898](https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2022.160140.6898)

SADAK, M. S.; BADR, E. A.; AMIN, G. Improving growth, physiological attributes and productivity of chickpea (*Cicer arietinum*) grown in sandy soil with foliar application with

mineral fertilizers and antioxidants. **Egyptian Journal of Chemistry**, 2022. DOI: [0.21608/ejchem.2022.160193.6900](https://doi.org/10.21608/ejchem.2022.160193.6900)

SANTOS, P. F. A.; SPOLADOR, H. F. S. Valoração econômica da água na suplementação hídrica da agricultura brasileira em um modelo multissetorial de crescimento. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60, 2021. DOI: [10.1590/1806-9479.2021.238057](https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.238057)

SILVA, J. C.; SILVA, T. V.; SANTOS, J. W. S.; PAVÃO, J. M. S. J.; LÚCIO, J. C. B.; CARNEIRO, P. T. Germinação e crescimento inicial de pimenta submetida ao estresse salino e substratos em região semiárida. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 15, n. 1, 2021.

SILVA, P. C. D.; JUNIOR RIBEIRO, W. Q. R.; RAMOS, M. L. G.; ROCHA, O. C.; VEIGA, A. D.; SILVA, N. H.; BRASILEIRO, L. O.; SANTANA, C. C.; SOARES, G. F.; MALAQUIAS, J. V.; VISION, C. C. Physiological Changes of Arabica Coffee under Different Intensities and Durations of Water Stress in the Brazilian Cerrado. **Plants**, v. 11, n. 17, p. 2198, 2022. DOI: [10.3390/plants11172198](https://doi.org/10.3390/plants11172198)

SINGH, A. A review of wastewater irrigation: Environmental implications. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 168, p. 105454, 2021. DOI: [10.1016/j.resconrec.2021.105454](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105454)

SONI, V.; RAIZADA, P.; SINGH, P.; CUONG, H. N.; RANGABHASHIYAM, S.; SAINI, A.; SAINI, R. V.; LE, Q. V.; NADDA, A. K.; LE, T. T.; NGUYER, V. H. Sustainable and green trends in using plant extracts for the synthesis of biogenic metal nanoparticles toward environmental and pharmaceutical advances: A review. **Environmental Research**, v. 202, p. 111622, 2021. DOI: [10.1016/j.envres.2021.111622](https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111622)

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. 2017. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, Porto Alegre.

TANG, X.; MU, X.; SHAO, H.; WANG, H.; BRESTIC, M. Global plant-responding mechanisms to salt stress: physiological and molecular levels and implications in biotechnology. *Critical reviews in biotechnology*, v. 35, n. 4, p. 425-437, 2015. DOI: [10.3109/07388551.2014.889080](https://doi.org/10.3109/07388551.2014.889080)



TARDY, A. L.; POUTEAU, E.; MARQUEZ, D.; YILMAZ, C.; SCHOLEY, A. Vitamins and minerals for energy, fatigue and cognition: a narrative review of the biochemical and clinical evidence. **Nutrients**, v. 12, n. 1, p. 228, 2020. DOI: [10.3390/nu12010228](https://doi.org/10.3390/nu12010228)

TUNA, A. L.; KAYA, C.; ALTUNLU, H.; ASHRAF, M. Mitigation effects of non-enzymatic antioxidants in maize (*Zea mays* L.) Plants under salinity stress. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 8, p. 1181-1188, 2013. Disponível em: [https://www.cropj.com/kaya\\_7\\_8\\_2013\\_1181\\_1188.pdf](https://www.cropj.com/kaya_7_8_2013_1181_1188.pdf)

VENDRUSCOLO, E. P.; SIQUEIRA, A. P. S.; RODRIGUES, A. H. A.; DE OLIVEIRA, P. R.; CORREIA, S. R.; SELEGUINI, A. Viabilidade econômica do cultivo de milho doce submetido à inoculação com *Azospirillum brasilense* e soluções de tiamina. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 61, p. 1-7, 2018. DOI: [10.22491/rca.2018.2674](https://doi.org/10.22491/rca.2018.2674)

VENDRUSCOLO, E. P.; RODRIGUES, A. H. A.; CORREA, S. R.; SELEGUINI, A.; LIMA, S. F. Different soaking times and niacin concentrations affect yield of upland rice under water deficit conditions. **Agronomía Colombiana**, n. 37, v. 2, p. 166-172, 2019. DOI: [10.15446/agron.colomb.v37n2.72765](https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v37n2.72765).

VENDRUSCOLO, E. P.; RODRIGUES, A. H. A.; CORREA, S. R.; SELEGUINI, A.; LIMA, S. F. Different soaking times and niacin concentrations affect yield of upland rice under water deficit conditions. **Agronomía Colombiana**, n. 37, v. 2, p. 166-172, 2019. DOI: [10.15446/agron.colomb.v37n2.72765](https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v37n2.72765).

VENDRUSCOLO, E. P.; MARTINS, A. P.; SERLEGUINI, A. Doses e parcelamento de niacina no desenvolvimento inicial de meloeiro cantaloupe. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 11, n. 3, p. 209-214, 2017. DOI: [10.18227/1982-8470ragro.v11i3.4009](https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i3.4009)

VENDRUSCOLO, E. P.; ALVES, V. D.; SANT'ANA, G. R.; BORTOLHEIRO, F. P. A. P.; MARTINS, M. B.; SERON, C. C.; SOUZA, M. I.; DANTAS, T. Do exogenous application of thiamine mitigates low soil base saturation effects on bell pepper plants? **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 9, n. 3, e6803, 2022. DOI: [10.32404/rean.v9i3.6803](https://doi.org/10.32404/rean.v9i3.6803)

VENDRUSCOLO, E. P.; RODRIGUES, A. H. A.; OLIVEIRA, P. R.; LEITÃO, R.A.; CAMPOS, L. F. C.; SELEGUINI, A.; LIMA, S. F. Exogenous application of vitamins in upland rice. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2019. DOI: [10.32404/rean.v6i2.3241](https://doi.org/10.32404/rean.v6i2.3241)

VU, N. T.; PARK, J. M.; KIM, S.; TRAN, T.; JANG, D. C. Effect of abscisic acid on growth and physiology of arabica coffee seedlings under water deficit condition. *Sains Malays*, v. 49, p. 1499-1508, 2020. DOI: [10.17576/jsm-2020-4907-03](https://doi.org/10.17576/jsm-2020-4907-03)

XU, Y.; GUO, S. R., LI, H.; SUN, H. Z.; LU, N.; SHU, S.; SUN, J. Resistance of cucumber grafting rootstock pumpkin cultivars to chilling and salinity stresses. *Horticultural Science and Technology*, v. 35, n. 2, p. 220-231, 2017. DOI: [10.12972/kjhst.20170025](https://doi.org/10.12972/kjhst.20170025)

YASEMIN, S.; KOKSAL, N. Comparative Analysis of Morphological, Physiological, Anatomic and Biochemical Responses in Relatively Sensitive *Zinnia elegans* ‘Zinnita Scarlet’ and Relatively Tolerant *Zinnia marylandica* ‘Double Zahara Fire Improved’ under Saline Conditions. **Horticulturae**, v. 9, n. 2, p. 247, 2023. DOI: [10.3390/horticulturae9020247](https://doi.org/10.3390/horticulturae9020247)

YOSHIDA, J.; TOMOOKA, N.; YEE KHAING, T.; SHANTHA, P. S.; NAITO, H.; MATSUDA, Y.; EHARA, H. Unique responses of three highly salt-tolerant wild *Vigna* species against salt stress. **Plant Production Science**, v. 23, n. 1, p. 114-128, 2020. DOI: [10.1080/1343943X.2019.1698968](https://doi.org/10.1080/1343943X.2019.1698968)

WANG, M.; ZHENG, Q.; SHEN, Q.; GUO, S. The critical role of potassium in plant stress response. **International journal of molecular sciences**, v. 14, n. 4, p. 7370-7390, 2013. DOI: [10.3390/ijms14047370](https://doi.org/10.3390/ijms14047370)

WEI, P.; YANG, Y.; FANG, M.; WANG, F.; CHEN, H. Physiological response of young seedlings from five accessions of *Diospyros* L. under salinity stress. **Horticultural Science & Technology**, v. 34, n. 4, p. 564-577, 2016. DOI: [10.12972/kjhst.20160058](https://doi.org/10.12972/kjhst.20160058)

WINTGENS, J. N. **Coffee: growing, processing, sustainable production. A guidebook for growers, processors, traders, and researchers.** WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2004.

ZAMANIPOUR, M. Effects of Pyridoxine, Thiamine and Folic acid on Growth, Reproductive and Biochemical Characteristics of Delphus Tomato. **Journal of Horticultural Science**, v. 35, n. 2, p. 283-300, 2021. DOI: [10.22067/JHS.2021.61961.0](https://doi.org/10.22067/JHS.2021.61961.0)

ZHA, X.; TSAPEKOS, P.; ZHU, X.; KHOSHNEVISAN, B.; LU, X.; ANGELIDAKI, I. Bioconversion of wastewater to single cell protein by methanotrophic bacteria. *Bioresource Technology*, v. 320, p. 124351, 2021. DOI: [10.1016/j.biortech.2020.124351](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124351)