



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS
GENÉTICOS VEGETAIS**



JOSANDRA SOUZA TELES FONSECA

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE *Physalis angulata* L.
CULTIVADAS EM DOSES DE MOLIBDÊNIO EM SISTEMA
HIDROPÔNICO**

Feira de Santana – BA

2021

JOSANDRA SOUZA TELES FONSECA

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE *Physalis angulata* L.
CULTIVADAS EM DOSES DE MOLIBDÊNIO EM SISTEMA
HIDROPÔNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientadora: Prof^ª Claudinéia Regina Pelacani Cruz
Coorientadora: Prof^ª. Dra. Marilza Neves do Nascimento

Feira de Santana - BA

2021

Ficha catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

Fonseca, Josandra Souza Teles

F744r Respostas fisiológicas de *Physalis angulata L.* cultivadas em doses de molibdênio em sistema hidropônico/ Josandra Souza Teles Fonseca. – 2021. 51f. : il.

Orientadora: Claudinéia Regina Pelacani Cruz

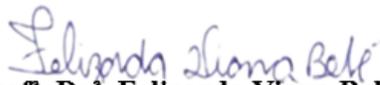
Coorientadora: Marilza Neves do Nascimento

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Feira de Santana. Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, 2021.

1. Fisális. 2. Fotossíntese. 3. Micronutrientes. 4. Nutrição mineral. 5. Redutase do nitrato. I. Cruz, Claudinéia Regina Pelacani, orient. II. Nascimento, Marilza Neves do, coorient. III. Universidade Estadual de Feira de Santana. IV. Título.

CDU: 581.1:582.951.4

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a. Dr.^a. Felizarda Viana Bebé
(Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano)



Prof.^a. Dr.^a. Alone Lima Brito
(Universidade Estadual de Feira de Santana)



Prof.^a. Dr.^a. Marilza Neves do Nascimento Ribeiro
(Universidade Estadual de Feira de Santana)
Co-orientadora e Presidente da Banca

Ofereço a Deus, por todo Seu cuidado,
dedico a Mainha (*in memoriam*), pelo apoio, fortaleza e amor incondicional!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela benção da vida e pela força em todos os momentos da minha vida e em especial neste, em um ano tão atípico e difícil mundialmente e pessoalmente falando! Obrigada meu Deus!

Aos meus pais, Sandra (*in memoriam*) e Joel, pelo amor que sempre demonstraram em todos os momentos sendo fonte de inspiração e motivo para que eu siga minha caminhada. Em especial minha querida Mainha, que este ano voltou para a casa do Pai, que como uma ótima mãe e professora e sempre se preocupou e me incentivou a trilhar um belo caminho.

Ao meu esposo, pela dedicação, amor, companheirismo e compreensão nos momentos de conquistas e perdas durante toda minha trajetória.

Às minhas orientadoras Prof^a Claudinéia e Prof^a Marilza, pela orientação, paciência, compreensão, experiência e ensinamentos, durante meu trajeto acadêmico, obrigada!

Aos professores e funcionários do Departamento de Ciências biológicas pelo convívio e ensinamentos.

À minha eterna amiga e “mãe acadêmica”, Nathy na qual tenho muito esmero e gratidão por todos os ensinamentos, que até hoje mesmo distante, se faz presente.

À minha amiga Dinah, pelos momentos de ansiedade, alegrias, frustrações e tristezas, que compartilhamos me fazendo lembrar sempre de que Deus é maior do que qualquer dificuldade.

À minha amiga e colega de turma Aritana, por todos os conselhos, colaborações, pelo companheirismo e ensinamentos compartilhados que levarei para a vida.

À equipe “reduzida do Nitrato” (Alismário, Ianna, Robson, Thicyane, Uasley) que tanto me ajudaram, colaboraram e me acalmaram nos momentos de desespero. Eu sou grata por todos os ensinamentos e momentos hilários que vivemos, tornando essa fase muito mais leve.

A Romeu e a Uasley pela paciência e dedicação ao compartilhar conhecimentos, sempre como muita disposição. O meu agradecimento pelo amparo de sempre nos momentos de ansiedade, insegurança e angústia.

A Thicyane aquela Ic sempre disposta, que tanto me ajudou e me ensinou com sua praticidade e esperteza, sou eternamente grata por seu companheirismo.

Aos colegas de laboratório David, Cris, Neto, Cíntia, Francisco, Viviane, Gabriel, Victor, Luciana, pela força, auxílio e manutenção de um clima extrovertido, tornando o nosso trabalho mais prazeroso e a todos os funcionários do Horto, pelo auxílio....

Aos colegas de turma do mestrado: Ádla, Alismário, Andressa, Aritana, Dani, Jhon, Maurício, Rubens, Simônica, Rosembrando, obrigada por toda ajuda ensinamentos compartilhados e momentos de distração que pudemos viver. Sem vocês tudo seria mais complicado.

À minha amiga do mundo Agro, Andressa que a pouco tempo conheço, mas se tornou parte importante das minhas conquistas...me incentivando, me fazendo uma pessoa melhor e principalmente sou grata por ela ser meu suporte nos momentos bons e ruins existentes no decorrer desse ano.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, pela bolsa e todo fomento concedido.

À Universidade Estadual de Feira de Santana, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais.

A todos que, de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

“Nada te perturbe, nada te espante, tudo passa Deus não muda, a paciência tudo alcança; quem a Deus tem, nada lhe falta, só Deus basta”.

Santa Teresa D’Ávila.

RESUMO

FONSECA, J.S.T. 2021. **Respostas fisiológicas de *Physalis angulata* L. cultivadas em doses de molibdênio em sistema hidropônico.** 54p. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana, BA, 2021.

Estudos voltados para o desenvolvimento de plantas associado aos efeitos da aplicação do molibdênio (Mo), um micronutriente essencial com papel importante no desenvolvimento e em diversos processos bioquímicos, é uma importante estratégia que podem oferecer benefícios para o manejo nutricional em culturas como a *Physalis angulata* L. O camapú é uma herbácea de distribuição neotropical e apresenta frutos com propriedades nutracêuticas e o manejo do cultivo ainda não está totalmente definido e se baseia em práticas colombianas ou as utilizadas na cultura do tomate que pertence a mesma família a *Physalis*. Avaliar as respostas de *Physalis angulata* cultivadas em doses de molibdênio em cultivo hidropônico. O ensaio foi conduzido em cultivo hidropônico em ambiente controlado no Horto Florestal pertencente a Universidade Estadual de Feira de Santana. Cinco doses de Mo foram testadas (0, 0,005, 0,01, 0,015 e 0,02 mg dm⁻³ de H₂MoO*4H₂O), considerando o delineamento inteiramente casualizado e doze repetições com cinco plantas cada parcela. Nas folhas foi avaliado o teor de clorofilas e obtidos os parâmetros de trocas gasosas: carbono interno, condutância estomática, assimilação de carbono, transpiração e eficiência do uso da água. Também foi mensurada a atividade da redutase do nitrato, a quantificação do teor de proteínas totais além da produção de matéria seca de folhas, raízes, caules bem como razão raiz parte aérea. O fornecimento de Mo (0,02 mg dm⁻³) proporcionou ganhos de fitomassa, variável relacionada a massa total das plantas e no teor de clorofila *a* e total. A atividade da enzima redutase do nitrato nas folhas e raízes foi estimulada pela suplementação de Mo, sendo nas raízes o local de maior atividade. A taxa fotossintética (0,010 mg dm⁻³) e a eficiência do uso da água (0,015 mg dm⁻³) foram favorecidas pelo incremento das doses do Mo. Os resultados apontaram que a fertilização com molibdênio proporcionou efeitos positivos no ganho de fitomassa e nos teores dos pigmentos fotossintéticos de plantas de *P. angulata* em cultivo hidropônico, bem como também na taxa fotossintética e a eficiência do uso da água.

Palavras-chave: Fisális. Fotossíntese. Micronutrientes. Nutrição mineral. Redutase do nitrato.

ABSTRACT

FONSECA, J.S.T. 2021. **Physiological responses of *Physalis angulata* L. plants cultivated at different doses of molybdenum** 54p. Dissertation (Masters in Plant Genetic Resources) – State University of Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana, BA, 2021.

Studies aimed at the development of plants associated with the effects of the application of molybdenum (Mo), an essential micronutrient with an important role in development and several biochemical processes, is an important strategy that can offer benefits for nutritional management in crops such as *Physalis angulata* L. Camapú is a herbaceous plant with a neotropical distribution and presents fruits with nutraceutical properties and the cultivation management is not yet fully defined. To evaluate the responses of *Physalis angulata* cultivated in doses of molybdenum in hydroponic culture. The trial was conducted in hydroponic cultivation in a controlled environment in the Horto Florestal belonging to the State University of Feira de Santana. Five doses of Mo were tested (0, 0.005, 0.01, 0.015 and 0.02 mg dm⁻³ of H₂MoO₄·4H₂O), considering a completely randomized design and twelve replications with five plants each plot. The chlorophyll content was evaluated in the leaves and the gas exchange parameters were obtained: internal carbon, stomatal conductance, carbon assimilation, transpiration and water use efficiency. It was also measured the nitrate reductase activity, the quantification of the total protein content and the production of dry matter of leaves, roots, stems as well as the shoot root ratio. The supply of Mo (0.02 mg dm⁻³) provided phytomass gains, a variable related to the total mass of the plants and in the content of chlorophyll a and total. The activity of the nitrate reductase enzyme in leaves and roots was stimulated by Mo supplementation, with the highest activity in the roots. The photosynthetic rate (0.010 mg dm⁻³) and the water use efficiency (0.015 mg dm⁻³) were favored by the increase in Mo doses. The results showed that the fertilization with molybdenum provided positive effects on the phytomass gain and on the levels of photosynthetic pigments of *P. angulata* plants in hydroponic cultivation, as well as on the photosynthetic rate and the efficiency of water use.

Keywords: *Physalis*. Photosynthesis. Micronutrients. Mineral nutrition. Nitrate reductase.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Morfologia de <i>Physalis angulata</i> . (A) folha; (B) caule; (C) flor e (D) fruto.....	14
Figura 2 - Temperatura do ar (a) e umidade relativa do ar (b) durante o período experimental	23
Figura 3 - Tratamentos das cinco doses de molibdênio: 0; 0,005; 0,01; 0,015 e 0,02 mg dm ⁻³ de H ₂ MoO ₄ *4H ₂ O de <i>Physalis angulata</i>	24
Figura 4 - <i>Physalis angulata</i> : folha completamente desenvolvida.....	25
Figura 5 - Produção de massa seca da parte aérea e raiz de <i>Physalis angulata</i> submetidas a doses de molibdênio	27
Figura 6 - Acúmulo de fitomassa em plantas de <i>Physalis angulata</i> submetidas a doses de molibdênio (Mo) Massa da matéria seca da folha (a), do caule (b), da raiz (c), massa da matéria seca total (d) e razão raiz: parte aérea (e). *significativo a 5%	28
Figura 7 - Resumo gráfico do experimento das respostas fisiológicas de <i>Physalis angulata</i> . L. cultivadas em doses de molibdênio	29
Figura 8 - Atividade da redutase do nitrato em folhas e raízes de plantas <i>Physalis angulata</i> submetidas a diferentes doses de molibdênio (Mo). * significativo a 5%	31
Figura 9 - Teor de proteínas solúveis (a) e aminoácidos totais livres (b) em folhas de plantas de <i>Physalis. angulata</i> , submetidas a diferentes doses de molibdênio (Mo). * significativo a 5%	34
Figura 10 - Teor de Clorofila a, b e total em folhas de plantas de <i>Physalis angulata</i> submetidas a diferentes doses de molibdênio (Mo).* significativo a 5%. ns não significativo	35
Figura 11 - Condutância estomática <i>g_s</i> (a), transpiração - <i>E</i> (b), concentração de carbono interno - <i>C_i</i> (c), taxa fotossintética - <i>A</i> (d), e eficiência do uso da água - <i>WUE</i> (e) de plantas <i>Physalis angulata</i> , submetidas a diferentes doses de molibdênio (Mo). * significativo a 5%	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 <i>Physalis angulata</i> L.	13
2.2 Molibdênio: cofator enzimático.....	16
2.3 Metabolismo do nitrogênio.....	18
2.4 Redutase do nitrato: enzima chave na regulação do metabolismo do nitrogênio.....	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Obtenção do material vegetal e condução do experimento	23
3.2 Determinações experimentais.....	25
3.2.1 Determinação de clorofilas	25
3.2.2 Determinação de trocas gasosas	25
3.2.3 Atividade da Redutase do nitrato.....	26
3.2.4 Proteínas solúveis e aminoácidos livres totais.....	26
3.2.5 Produção de massa de matéria seca.....	26
3.3 Análise estatística	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5 CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

A manutenção da produtividade de qualquer cultura é dependente de um conjunto de agentes que propiciam o bom desenvolvimento da planta, dentre eles, está a disponibilidade de nutrientes no solo (TAIZ et al., 2017). Estes nutrientes, quando presentes adequadamente exercem funções específicas e vitais ao metabolismo das plantas e apresentam demandas individualizadas para o melhor aproveitamento produtivo de cada espécie (HANSEL; OLIVEIRA, 2016). Estudos têm mostrado que o desgaste do solo bem como o manejo incorreto de nutrientes e corretivos para acidez, são apontados como os principais desencadeadores de desequilíbrios na disponibilidade de macro e micronutrientes, causando deficiência nutricional nas plantas (HANSEL; OLIVEIRA, 2016). Ainda que sejam requeridos em menor quantidade, os micronutrientes disponíveis em teores insuficientes ocasionam limitação do crescimento e desenvolvimento das plantas; por outro lado níveis elevados de micronutrientes no solo podem causar uma desordem no metabolismo vegetal e induzir o aparecimento de deficiências nutricionais por antagonismo, impactando diretamente na produtividade (HANSEL; OLIVEIRA, 2016; MOSCHINI et al., 2017).

Dentre os micronutrientes essenciais para o desenvolvimento da planta destacamos o molibdênio (Mo). Este elemento dispõe de grande importância no metabolismo vegetal atuando na composição de pelo menos 5 enzimas (nitrogenase, redutase do nitrato, oxidase de aldeído, oxidase do sulfato e oxidase da xantina) que catalizam distintas reações e estão relacionadas com o transporte de elétrons durante as reações bioquímicas (MALAVOLTA, 2006). A redutase do nitrato (RN), considerada a proteína principal, possui o molibdênio como grupo prostético, realiza a redução do nitrato a nitrito no processo de assimilação do nitrogênio do solo (TAIZ et al., 2017).

Espécies pertencentes à família Brassicaceae a exemplo de *Brassica oleracea* L. variedade capitata e *Brassica oleracea* variedade botrytis e as leguminosas, frequentemente demandam adubação com o Mo (FAQUIN, 2005), bem como o tomate, que pertence a família Solonaceae e é reconhecido como uma cultura exigente em Mo (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Dessa maneira muitas vezes, deficiência de molibdênio revela-se como deficiência de nitrogênio e, portanto, o efeito do Mo sob o desempenho fisiológico de plantas está no aumento da capacidade da planta assimilar o nitrogênio. Os sintomas de deficiência do Mo nessas culturas são observados pela falta de nitrogênio, redução no teor de vitamina C, manchas necróticas em função do acúmulo de NO^3 - entre outros sintomas (EMBRAPA, 2006; FAQUIN, 2005).

Nesse contexto, quando disponível, a presença do Mo como co-fator enzimático na aRN, beneficia o processo de assimilação do N via redutase do nitrato e nitrito e por consequência pode ocasionar um aumento na eficiência do processo da fixação do nitrogênio de espécies cultivadas, podendo ser uma alternativa para incremento no crescimento e produtividade de espécies ainda pouco exploradas ou subexploradas, que se distribuem em regiões tropicais, como a *Physalis angulata* L. e bem como também permitir o embasamento de estudos relacionados a eficiência do processo, que são escassos na literatura.

O manejo e informações técnicas de cultivo do gênero *Physalis*, em geral tem sido seguido pelas práticas colombianas do cultivo da *Physalis peruviana* L. (MELO et al., 2017), necessitando de adequações para as condições edafoclimáticas brasileiras, especificamente nas regiões tropicais quente úmido do nordeste brasileiro.

Diante da influência do Mo, por participar das reações de redução e oxidação (KAISER et al., 2005), no desenvolvimento e crescimento de culturas agrícolas, informações acerca dos efeitos do referido elemento no metabolismo de plantas, constitui uma ferramenta importante, que pode permitir o uso da fertilização com Mo no manejo nutricional de plantas como a *P. angulata* e de outras culturas pertencentes à família Solanaceae), que são comumente exploradas pelo pequeno agricultor da região semi-árida na Bahia.

Dessa forma, este estudo teve como objetivo avaliar as respostas de *Physalis angulata* cultivadas em doses de molibdênio em cultivo hidropônico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Physalis angulata* L.

Physalis é um gênero da ordem Solanales que pertence à família Solanaceae e é conhecido por conter diversas propriedades nutracêuticas e funcionais de interesse agrônomo por apresentar uma gama de compostos bioativos como os fenólicos, antocianinas e flavonoides (GUEDES et al., 2017), ocupando assim o ranking de pequenos frutos (RODRIGUES et al., 2013). O gênero possui cerca de 100 espécies conhecidas no mundo e nove delas são encontradas no Brasil (FLORA DO BRASIL, 2020; SOUZA et al., 2017; STEHMANN et al., 2015), com destaque para a *Physalis angulata*, *Physalis ixocarpa* Brot. e *Physalis peruviana*, que as espécies mais conhecidas por seu potencial econômico produtivo e nutracêutico.

Originária da América Tropical a *Physalis angulata* é popularmente conhecida como camapu, balãozinho, juá-de-capote, bucho-de-rã, camambu, mata-fome, bate-testa e balão-rajado, possuindo distribuição tanto em áreas tropicais como nas subtropicais de todo o mundo. No Brasil sua ocorrência está entre os domínios fitogeográficos situados na Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal (FLORA DO BRASIL, 2020; MUNIZ et al. 2011; STEHMANN et al., 2015).

De propagação sexuada, a *Physalis angulata* apresenta sementes numerosas com formato elipsoide e cor castanho alaranjadas, quando maduras (SOUZA et al., 2010). O seu fruto é climatérico e é caracterizado por ser uma baga globosa envolvida pelo cálice, em forma de balão, apresentando endocarpo e mesocarpo carnoso, comestível de sabor doce ou insípido e com coloração amarelo esverdeada e arroxeada (LORENZI; MATOS 2008). Esta última cor, se relaciona ao momento ideal para obtenção de sementes com maior qualidade fisiológica e frutos (140,5 por planta) indicados ao consumo no período que corresponde aos 36 dias após a antese, no semiárido baiano (RAMOS et al., 2021; TANAN; NASCIMENTO; LEITE, 2018).

Segundo Silva (2015) as plantas de camapu (Figura 1) possuem caule herbáceo e clorofilado com ramificações simpodial e tricomas simples e unicelulares nucleados. Podem atingir altura de 35–55 cm, e apresentam comumente folhas simples, assimétricas, lâmina foliar ovalado-lanceolada a oblonga e margem inteira ou levemente lobada e às vezes dentada, com 2,0 a 10,5 cm de comprimento e 1,0 a 5,5 cm de largura (RUFATO, 2008), com flores

solitárias e corola gamopétala na coloração amarela, amarelo-esverdeada ou amarelo-pálida (SILVA; AGRA, 2005).

Figura 1 - Morfologia de *Physalis angulata*. (A) folha; (B) caule; (C) flor e (D) fruto



Fonte: SOUZA, 2009 (A); LEITE (B, C, D)

Por apresentar propriedades farmacológicas, como atividade antiparasítica, antiviral, antineoplásica, (TOMASSINI et al., 2000) e citotóxica (GAO et al., 2018) e potencial culinário, o cultivo da espécie na região sul-sudeste, onde é encontrado, mesmo em pequena escala no Brasil, é considerado uma alternativa rentável aos pequenos produtores, já no Nordeste há carência desdás informações.

Atributos gerais do cultivo de *Physalis angulata* no Brasil, baseiam-se em práticas colombianas, local onde a produção comercial de *Physalis* teve início no ano de 1985 (MELO et al., 2017), ou de modo semelhante à cultura do tomate, devido à falta de recomendações agrônômicas para a espécie (RUFATO et al., 2008). As técnicas de manejo orgânico para *Physalis*, geralmente demandam adubação a base de esterco curtido vermicomposto, calcário e fosfatos, os tratos culturais são realizados através do tutoramento dos ramos, dentro de um sistema de condução livre, X, V ou espaldeira e o manejo de pragas e doenças conduzido com o uso de calda bordalesa, viçosa ou óleo de nim (MELO et al., 2017).

Physalis angulata é importante recurso genético ainda subexplorado que se destaca por conter características nutricionais elevadas com altos níveis de teor fenólico (24,18 mg de

GAEs / 100 g), vitamina C (75,44 mg / 100 g) e atividade antioxidante (12,9 μ M de trolox / grama de frutas).

Os extratos dessa planta apresentam compostos fitoquímicos importantes e entre eles estão os glicocorticóides, flavonoides destacando-se os vitanolides, presentes em toda a planta e as fisalinas que são encontradas principalmente nas folhas (RENJIFO-SALGADO; VARGAS-ARANA, 2013; MARIN SISLEY et al., 2017), com diversas atividades biológicas comprovadas a exemplo de leishmanicida (SILVA et al., 2018), anti-inflamatória (ABDUL-NASIR-DEEN et al., 2020), antiparasitária (SUN et al., 2016; SHARMA et al., 2015), ação anti-proliferativas (PINTO, 2010) e anticancerígena (BAKER; RADY, 2020) além ajudar a regular o sistema de defesa natural do organismo.

Características nutraceuticas como as descritas para *Physalis* constituem bom atrativo para aproveitamento comercial e tecnológico dos frutos. Neste sentido diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos e tornam-se importantes para obtenção de informações, ainda escassas, relacionadas o manejo e propagação da espécie a exemplo, o crescimento e desenvolvimento de *Physalis angulata* sob déficit hídrico (SOUZA; AMORIM, 2009), a caracterização física, físico-química e potencial tecnológico (OLIVEIRA et al., 2011a), estudos sobre cultivo hidropônico sob doses de nitrogênio da espécie (LEITE et al., 2017), análise morfológica de sementes e frutos de espécies de *Physalis* (SOUZA et al., 2017), fisiologia de sementes e frutos (RAMOS et al., 2021). Além de trabalhos com a espécie deste estudo e a *Physalis peruviana* e *angulata* nas condições da região semiárida da Bahia (BARROSO et al., 2018; TANAN; NASCIMENTO; LEITE, 2018).

Essa região é caracterizada pelos altos índices de temperatura e má distribuição de chuvas, chegando a precipitações inferiores a 800 mm (SILVA et al., 2010). Feira de Santana, cidade localizada no centro-norte baiano, distante a 109 km de Salvador, possui clima tropical subúmido alternando para o seco com precipitação pluviométrica média de 848 mm anuais (DINIZ; SANTOS; SANTO, 2008; THORNTHWAITE; MATTHEW, 1955). Características climáticas como essas dificultam o bom desempenho de culturas frutíferas, mas com a introdução de tecnologias, torna-se possível o cultivo de diferentes espécies nessa região.

Mudança no hábito alimentar da população brasileira tem criado uma demanda para a produção pequenas frutas que inclui frutas consideradas nobres como o mirtilo, cereja, fambroesa, amora, pitaya e fisális (RODRIGUES et al., 2013). A integração dessas frutas, consideradas pequenas, como atividade econômica é bastante inovadora devido ao baixo custo da produção que de modo geral é acessível aos pequenos produtores, pois oferece um retorno econômico em curto prazo devido a sua boa adaptação socioeconômica e ao ambiente,

além da possibilidade de cultivo incluindo o sistema orgânico (POLTRONIERI, 2003; MUNIZ et al., 2011), tornando uma boa alternativa de cultivo para o pequeno agricultor de nossa região.

2.2 Molibdênio: cofator enzimático

Os elementos classificados como micronutrientes são requeridos em menor quantidade para as plantas e nos últimos anos tem ganhado destaque na agricultura brasileira por alguns elementos proporcionarem elevada produtividade quando adicionados como aditivos químicos de culturas e em função também ao aperfeiçoamento da análise de solo e foliar, refletindo nos avanços da eficiência da diagnose de micronutrientes (HANSEL; OLIVEIRA, 2016). Esses micronutrientes, quando fornecidos adequadamente, atuam muitas vezes como ativadores estruturais de determinadas enzimas trazendo benefícios à germinação e crescimento de plantas (TAIZ et al., 2017). Contudo níveis elevados de micronutrientes no solo podem causar uma desordem no metabolismo vegetal e provocar induções ao aparecimento de deficiências nutricionais, como a toxicidade pelo excesso de Cobre (Cu) que pode induzir deficiência de ferro (Fe) (LIMA FILHO, 2016), impactando diretamente na produtividade da cultura (HANSEL; OLIVEIRA, 2016; MOSCHINI et al., 2017).

O molibdênio (Mo) é reconhecido como micronutriente essencial às plantas desde 1956 (FONSECA; 2006), mas antes disso Arnon; Stout (1939) já haviam demonstrado sua essencialidade em cultivo hidropônico com o tomate, no qual foi observado que as plantas cultivadas em solução hidropônica sem a presença do Mo, desenvolveram lesões nas folhas e alterações na morfologia foliar como lamelas pouco evoluídas.

Encontrado em toda a crosta terrestre, em reduzidas concentrações, especialmente em solos originários de rochas sedimentares (BATAGLIA; FURLANI; VALADARES, 1976), o Mo está presente principalmente como molibdato (MoO_4^{2-}), forma aniônica, e tem seu conteúdo total no solo variando, entre 0,5 e 5 mg dm^{-3} e o conteúdo disponível para as plantas entre 0,1 a 0,25 mg dm^{-3} (MEDEIROS; SOUZA, 2005). Sua disponibilidade é reduzida em solos mais ácidos como o pH abaixo de 5, em solos arenosos e em solos com doses pesadas de sulfatos ou com níveis elevados de Cu^{2+} (RESENDE, 2003; LÓPEZ et al., 2007). Contudo, a deficiência em alguns solos naturais ou a remoção desse elemento pelas culturas e a inexistência de um fornecimento adequado do Mo, por meio de fertilizantes a base de molibdênio, tem causado reduções graduais na capacidade produtiva de culturas (FERREIRA et al., 2003) e carências em plantas a exemplo do trigo que na falta do molibdênio

desenvolvem regiões necróticas nas lâminas das folhas além de apresentarem o má formação de sementes e até o seu e enrugamento (CHATTERJEE; NAUTIYAL, 2001).

Além disso, a deficiência do Mo pode causar reduções no teor de clorofila e na constituição da vitamina C (ácido ascórbico) (DECHEN; NACHTIGALL, 2006; TORQUATO, 2008). Em áreas de pastejo, altos níveis de molibdênio são preocupantes, pois animais ruminantes que consomem tecidos vegetais com alto teor de Mo, podem sofrer de molibdenose, induzindo à deficiência de cobre nesses animais (SCOTT, 1972).

Por outro lado, apesar de ser raro, o excesso do micronutriente, pode acarretar na toxicidade, manifestada por alterações nas folhas ainda verdes, causadas pela morte de células do parênquima, clorose e redução de tamanho de folhas ou até mesmo morte por abscisão antecipada (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

O Mo dispõe de grande importância no metabolismo vegetal por estar envolvido em diversos processos bioquímicos em nível de fotossíntese, transdução de sinais hormonais e tolerância a estresses abióticos (IMRAN et al., 2019; RANA et al., 2020). Além disso, o Mo atua como cofator na incorporação do nitrogênio (N) em compostos orgânicos através da atividade da redutase do nitrato (aRN), enzima responsável por catalisar reações de redução de nitrato (NO_3^-) a nitrito (NO_2^-) em raízes ou folhas conforme a espécie, a idade e suprimento de NO_3^- (SFREDO; OLIVEIRA, 2010). Segundo Kaiser et al. (2005), as deficiências desse micronutriente em hortícolas, cereais e leguminosa se manifestam como deficiência em N. De modo ainda pouco explicado, quando disponível em quantidades insuficientes o Mo pode propiciar redução na folha e deformidades, clorose e necrose nas pontas das folhas e por fim levar à morte da folha e sua queda prematura (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

A aplicação do molibdênio, em plantas, tem sido ministrada separadamente, de três formas principais:

- (1) Diretamente no solo, juntamente a adubação convencional (CHENG, 1985) variando sua quantidade a depender do pH do solo e da cultura de $0,05$ a 1 kg ha^{-1} ;
- (2) Via foliar através de pulverização, nesse tipo de aplicação habitualmente utiliza-se as fontes molibdato de sódio e molibdato de amônio em função da sua solubilidade em água (BRAGA, 2009), que produz efeitos nas características da planta, como os descrito por Calonego et al. (2010) que observaram em seu trabalho o aumento da produtividade e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro com o tratamento com o Mo;
- (3) O método de aplicação por sementes, que consiste em embebê-las em soluções que contenham Mo (ROSSETTO et al., 2002) a exemplo do fertilizante comercial Molybdate

250, utilizado para aplicação via semente e foliar, apresentado na forma de solução, contendo Mo disponível para as plantas.

Os estudos relacionados ao Mo, encontrados na literatura, investigam as diferentes formas e os benefícios da utilização isolada do Mo como potencializador do metabolismo do nitrogênio ou incluem uso do Mo associado a diferentes nutrientes como nitrogênio, zinco ou cobalto em culturas como a *Saccharum officinarum* L., *Triticum* L., *Cambre*, capim *Brachiaria. Brizantha* (MESCHEDE et al., 2004; MEDEIROS; SOUZA, 2005; OLIVEIRA, 2012; BAZZO et al., 2018; AMARO et al., 2019).

Contudo apesar da importância do Mo para essas as Solanaceas (EPSTEIN; BLOOM, 2006), poucos trabalhos são encontrados em relação aos efeitos da aplicação externa desse micronutriente, conjuntamente com outros nutrientes ou isolado, nos aspectos fisiológicos da planta (metabolismo do nitrogênio e atividade da enzima redutase do nitrato) e o seu potencial produtivo.

2.3 Metabolismo do nitrogênio

O nitrogênio (N) é um macronutriente requerido em maior quantidade pelas plantas e faz parte de diversas moléculas importantes como ATP, NADH, NADPH, clorofilas, proteínas e enzimas (HARPER, 1994) tornando-o essencial para o metabolismo vegetal (LAWLOR, 2002). Dada sua importância, como elemento essencial, o N tem sido bastante estudado por seu efeito determinante no crescimento e desenvolvimento de plantas, influência na fotossíntese e na distribuição de fotoassimilados tanto para as partes vegetativas quanto as reprodutivas (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000; QUEIROGA et al., 2007). Além disso, esse macronutriente tem apresentado ainda, benefícios relacionados ao meio ambiente como reduções dos níveis de acidificação e salinização do solo (BITTENCOURT, 2009), se manejado em doses e formas adequadas. A sua aplicação pode ser feita na forma de fertilizante nitrogenado químico ou orgânico, os quais a escolha de uso dependerá das condições do solo, edafoclimáticas, da velocidade de atuação na planta e da relação custo benefício (HAROLD; REETZ, 2017).

Alguns dos fertilizantes nitrogenados mais comuns são os químicos, que são subdivididos em quatro grupos: (1) amoniacais, que apresentam o nitrogênio na forma amoniacal, como a amônia anidra (82% N); (2) nítricos, que apresentam o nitrogênio na forma nítrica, como o nitrato de sódio (16% N); (3) nítrico-amoniacais, que apresentam o

nitrogênio nas formas nítrica e amoniacal, como o nitrato de amônio (32% N) e os (4) amídicos, que apresentam o nitrogênio na forma amídica, como a uréia (44% N). E os fertilizantes nitrogenados orgânicos que são provenientes da mineralização dos resíduos vegetais e animais, através da ação efetiva da microbiota do solo, como o esterco equino (1,44% N), o esterco bovino (1,67% N), o esterco suíno (1,86% N) e o esterco de galinha (2,76 %N) (HAROLD; REETZ, 2017; MESSIAS et al.,1998).

Os fertilizantes utilizados na adubação nitrogenada, sejam eles químicos ou orgânicos, surgem como uma complementação à capacidade de suprimento de nitrogênio dos solos, pois mesmo o N_2 estando presente em grande quantidade na atmosfera terrestre em plantas, assim como grande parte dos seres vivos, não possuem capacidade de absorção na forma gasosa (EPSTEIN; BLOOM, 2006; MAJEROWICZ et al., 2000). Para que sua assimilação aconteça de forma eficiente, independente da fórmula do fertilizante aplicado, o N pode ser convertido na forma nítrica ou amoniacal, a depender das características genéticas das plantas e condições ambientais, ou também pela fixação biológica do nitrogênio (FBN). O mecanismo FBN é responsável pela maior parte da amônia formada a partir do N_2 atmosférico e é realizado por diversas bactérias fixadoras de nitrogênio que formam associações simbióticas com plantas superiores (TAIZ et al., 2017).

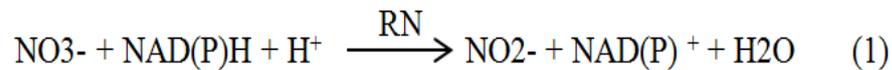
O nitrato (NO_3^-) é a principal forma nitrogenada absorvida pelo sistema radicular. Estando no interior da célula, pode passar por efluxo para o apoplasto, através da membrana plasmática ou influxo para o vacúolo, através do tonoplasto, então é translocado pelo transporte via xilema para as folhas onde é assimilado (CRAWFORD; GLASS, 1998; TAIZ et al., 2017; XU; FAN; MILLER, 2012) ou incorporado a compostos orgânicos, no sistema radicular e na parte aérea e ser reduzido a amônio (NH_4^+) (NETTO, 2005).

Mas para que aconteça a redução do NO_3^- à nitrito (NO_2^-) no citosol é necessário o intermédio da atividade enzima chave, a redutase do nitrato (RN - E.C.1.6.6.1). Este processo ativo ocorre em sistema simporte contra um potencial eletroquímico (TAIZ et al., 2017). O NO_2^- já convertido (reduzido à amônia NH_4^+), pela redutase do nitrito (RNi), encontrada nas folhas (nos cloroplastos) e nas raízes (nos plástidios), é assimilado a aminoácidos pelas enzimas da rota glutamina sintetase e glutamato sintase (GS/ GOGAT) (LAM et al., 1996; DONATO et al., 2004; FONTES et al., 2010).

Diferentemente do processo necessário para absorção de NO_3^- , o N-amoniacal está prontamente disponível para incorporação. E ocorre via sistema uniporte em modo passivo, com gasto de menos de um ATP para cada N assimilado, contudo, se disponível em excesso, a NH_4^+ pode causar toxidez às plantas (KRONZUCKER et al. 2001; RAVEN; SMITH, 1976).

2.4 Redutase do nitrato: enzima chave na regulação do metabolismo do nitrogênio

A principal fonte de N-inorgânico disponível para as plantas está na molécula de sinalização, o nitrato (NO_3^-). Sua atuação proporciona modificações na expressão gênica tornando-se importante no metabolismo e no crescimento de plantas, mais especificamente, no metabolismo do nitrogênio (GOJON; NACRY; DAVIDIAN, 2009). Mas para que haja redução do nitrato (NO_3^-) a nitrito (NO_2^-) (1) para a incorporação em moléculas orgânicas é necessário o suporte atividade da redutase do nitrato, como catalizadora da reação. Esta enzima localiza-se no citoplasma de células radiculares e/ou da parte aérea, a depender da espécie, e utiliza elétrons através do agente redutor NAD(P)H; e contém duas subunidades idênticas, com grupos proteicos formados pela FAD, heme b 557 e complexo formado pelo molibdênio e uma molécula orgânica denominada *pterina* (TEJADA-JIMENEZ et al., 2019).



A determinação da aRN pode ser realizada pela metodologia *in vitro*. Esta avaliação é laboriosa e tem sido a mais comumente utilizada, havendo etapas importantes de extração, porém demanda condições apropriadas para o ensaio e varia de acordo ao tecido vegetal (JAWORSKI, 1971). Para o ensaio *in vitro* da aRN segundo a metodologia descrita por Chow; Oliveira; Pedersen (2004), o extrato bruto deve ser pré-incubado em uma mistura de reação composta por tampão fosfato, pH KNO_3 (nitrato de potássio) e MgSO_4 (sulfato de magnésio), e a mistura incubada por um tempo adicional, após a adição de NADH para dar início a reação. Esta reação é interrompida adicionando ZnSO_4 (sulfato de zinco) e etanol v/v e centrifugada. A concentração de nitrito ($1\mu\text{mol NO}_2^- \text{ min}^{-1}$) é determinada por espectrofotometria pela absorção a 543 nm após a adição de sulfanilamida e n-(1-naftil) etilendiamina diidrocloreto.

A metodologia *in vivo* é utilizada como indicadora do metabolismo do nitrogênio em plantas e consiste na liberação de NO_2^- por fragmentos de tecidos vegetal (folha ou raízes) na presença do tampão (propanol) e do NO_3^- . Esse substrato, que induz a síntese da enzima, é indicado na proporção de NO_2^- liberada na solução de incubação, expressa em $\mu\text{moles de NO}_2^- \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de matéria fresca (BEEVERS; HAGEMAN, 1980; JAWORSKI, 1971).

O controle da expressão da aRN nos tecidos vegetais é feito pela luz, intercedida diretamente pelo fitocromo ou também de forma indireta através da ativação da fotossíntese e produção de açúcares (LILLO et al., 2004; LILLO, 2008). A atividade enzimática pode mostrar alterações durante o dia, na ordem de 70 a 90% e redução da atividade durante o período de escuro para 10 a 70% (KAISER; HUBER, 2001). Variação da aRN foi observada por Tanan et al. (2019) em raízes e folhas de plantas de *Physalis angulata*, que apresentaram, no período de maior incidência solar e temperatura, picos da atividade às 10 e 14 horas para raízes e comportamento inverso, no mesmo horário foi observado para as folhas da espécie estudada.

Níveis da atividade da enzima são controlados por mecanismos transcricional e pós-traducional (MAZID; MOHAMMAD; KHAN, 2012) como forma de evitar o acúmulo de NO_2^- . Em nível de mecanismo transcricional, a enzima é induzida pelo nitrato, luz, citocininas, sacarose e CO_2 e tem longa duração (horas). Já o pós-traducional, imprescindível para a adaptação do metabolismo, ocorre rapidamente (minutos), sendo reversível em resposta à luminosidade ou à escuridão (MATSUMURA, 2012). Fatores genéticos, ambientais, tais como temperatura do ambiente, disponibilidade de água para a planta e nutrição mineral, também influenciam na atividade da enzima (MEGURO; MAGALHÃES, 1982; MAZID; MOHAMMAD; KHAN, 2012; CRUZ et. al., 2011), bem como o teor de nitrato, ATP e NADPH, subprodutos da fotossíntese (TISCHNER, 2000).

Diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos e estão relacionados ao desempenho enzimático da redutase do nitrato, devido a seu papel regulador e a sua influência no crescimento e desenvolvimento de plantas em diversas condições experimentais, partindo da hipótese, segundo Beevers; Hageman (1969) de que plantas com elevada atividade da aRN, podem ter maior possibilidade de assimilar NO_3^- e consequentemente obter melhor resposta frente à adubação nitrogenada. Deckhard; Lambert; Hageman (1973) observaram o aumento da atividade desta enzima com a adição de NO_3^- ao meio de cultivo na produtividade de grãos de híbridos de milho; os resultados obtidos foram significativos, mas com correlações baixas, indicando que outros fatores, podem ter influenciado na assimilação de NO_3^- e na produtividade do milho.

O efeito de combinações de doses de nitrogênio na atividade da enzima redutase do nitrato nas folhas do *Triticum aestivum* L. (Trigo), estudado por Viana; Kieh (2010) provocou máxima atividade da enzima em $0,36 \mu\text{mol de NO}_2^- \text{g}^{-1} \text{h}^{-1}$ quando o fornecimento de nitrogênio foi de 158 mg dm^{-3} . O resultado foi justificado pelo período no qual foi realizado a coleta das plantas (79 dias após o fornecimento do nitrogênio), momento onde já não havia

nitrogênio na solução do solo para manter a atividade da enzima redutase do nitrato e pela limitação da atividade da enzima na ausência de outros nutrientes, como o molibdênio.

Nos ensaios conduzidos por Oliveira et al. (2011b) avaliando os parâmetros de crescimento e atividade da enzima redutase do nitrato em plantas de *Campomanesia* sp (gabiroba) frente a diferentes disponibilidades hídricas no solo, foi observado que a atividade da enzima aRN é afetada sob hipoxia e déficit hídrico quando comparada a capacidade de campo, o que sugere que o déficit hídrico diminui a atividade dessa enzima em virtude da diminuição do fluxo de água pela corrente transpiratória.

Já Matsumura (2012) questionou qual seria influência da aplicação do estímulo de frio associado ou não à presença de luz na atividade da aRN em folhas e raízes de abacaxizeiro e se estaria envolvida nessas respostas: a RN citossólica ou de membrana plasmática. O autor observou que a aRN foi estimulada positivamente pelo frio, principalmente após 6 horas no claro, para as folhas, e após 6 horas no escuro, para as raízes. Tanto em folhas como em raízes, o incremento de atividade da NR observado a 10° C foi associado à NR citossólica (NRc). Em ambos os casos, o estímulo ocorreu utilizando-se o NADPH como doador de elétrons, sugerindo o possível envolvimento de uma isoforma NAD(P)H biespecífica.

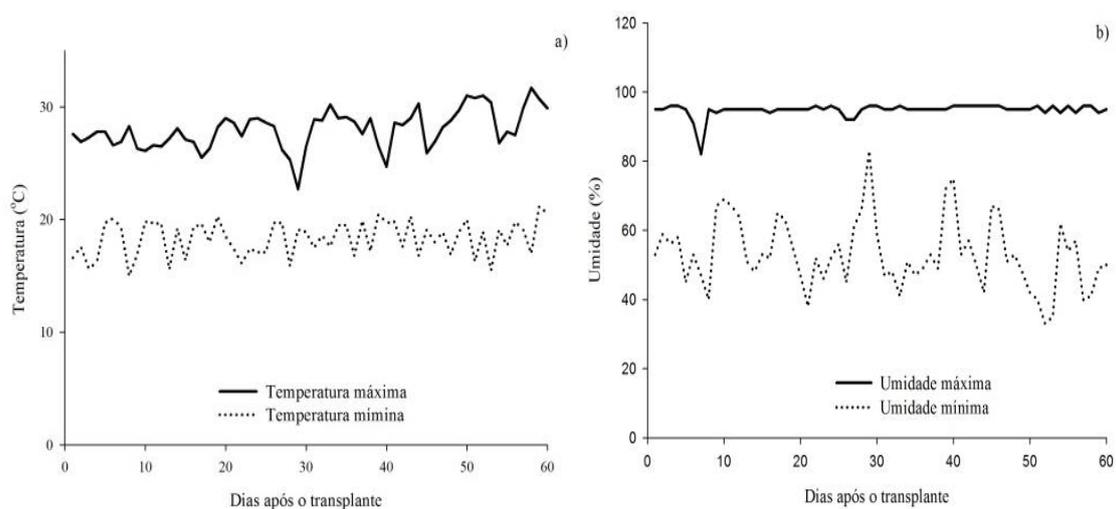
3 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado em casa de vegetação no período de agosto de 2019 a setembro de 2020, na Unidade Experimental Horto Florestal (12°14'S, 38°58'W e altitude de 258 m) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), em Feira de Santana, Bahia, Brasil.

3.1 Obtenção do material vegetal e condução do experimento

As sementes utilizadas para a produção de mudas foram retiradas de frutos coletados no estágio três de desenvolvimento a partir da coloração do cálice (amarelo-amarronzado) (TANAN, 2018) de plantas que ocorrem naturalmente na região de Serra Preta-Ba (12°2'S, 39°16'W e altitude de 160,22 m). Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram obtidos através de um higrômetro digital (INCOTERM), durante o período de cultivo (Figura 2).

Figura 2 - Temperatura do ar (a) e umidade relativa do ar (b) durante o período experimental



Fonte: FONSECA, 2021

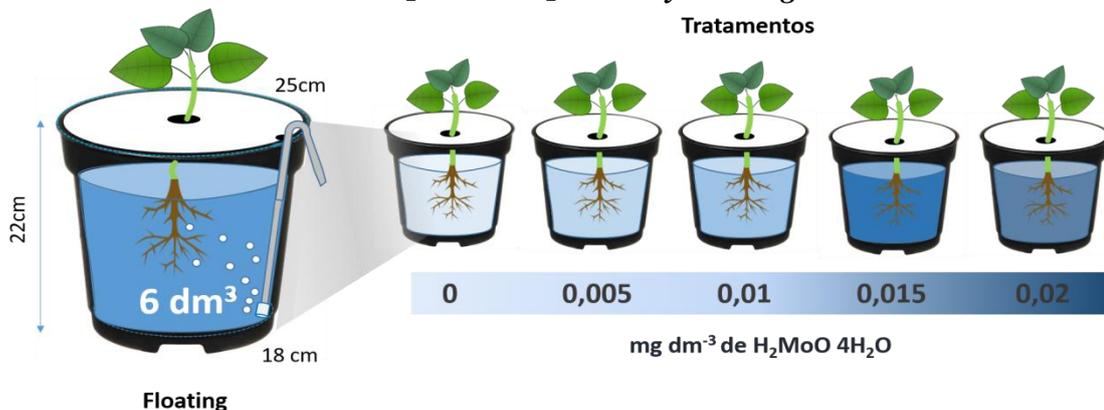
Inicialmente foram semeadas três sementes a uma profundidade de 2 cm, em recipientes plásticos descartáveis de 200 mL, preenchidos com substrato comercial (Plantamax ®), com irrigação diária realizada com o auxílio de um time manual, ligado durante 15 minutos, duas vezes ao dia (09h:00 da manhã e 16h:00 da tarde), mantendo uma lâmina de 6 mm. Posteriormente, vinte dias após a semeadura foi realizado o desbaste das

plântulas permanecendo a mais vigorosa, sendo mantidas àquelas com o primeiro par de folhas formado e com 8 cm de comprimento de parte aérea. Aos 15 dias após a emergência das plântulas, com aproximadamente 4 cm de altura e 2 pares de folhas expandidas, foram transplantadas para recipientes individuais com capacidade de 6 dm^3 em sistema hidropônico tipo floating.

O experimento foi conduzido em 60 recipientes de polipropileno, os vasos foram mantidos em uma bancada de ferro galvanizado com espaçamento de 0,8 m entre linhas e 0,2 m entre plantas. A solução nutritiva foi aerada em intervalos de 15 minutos a cada três horas, com o auxílio de um compressor (SCHULZ pratica air 250 W, com vazão de 100 L min^{-1}).

Foi utilizada a solução nutritiva de Sarruge (1975) modificada para o cultivo de *P. angulata* (LEITE et al., 2017), composta por macro e micronutrientes. Os tratamentos avaliados consistiram em cinco doses de Mo: 0; 0,005; 0,01; 0,015 e 0,02 mg dm^{-3} de $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Figura 3), sendo a dose de 0,01 mg dm^{-3} correspondente a aplicação recomendada para a espécie sob cultivo hidropônico (SARRUGE, 1975). Durante o experimento foram monitorados diariamente o pH da solução nutritiva, mantido em 6,5, utilizando pHmetro portátil (ASKO 50) e a condutividade elétrica (CE), usando condutivímetro portátil (ASKO 90). A condutividade foi mantida na média CE 2. Foi também realizada a troca completa da solução sempre que a condutividade elétrica diminuía 20% do valor inicial (em média 30 dias). As plantas permaneceram nessas condições durante 60 dias após o transplântio, ao final do período quando foram realizadas as avaliações.

Figura 3 - Tratamentos das cinco doses de molibdênio: 0; 0,005; 0,01; 0,015 e 0,02 mg dm^{-3} de $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ de *Physalis angulata*



Fonte:LEITE, 2021.

3.2 Determinações experimentais

3.2.1 Determinação de clorofilas

O teor de clorofila foi determinado pelo método descrito por Tanan et al. (2017), retirando-se os discos foliares dos primeiros pares de folhas completamente expandidas coletados entre as 10:00 e 11:30 horas. Cada amostra foi composta de cinco discos de 10 mm de diâmetro, cada planta, que eram imediatamente imersos em 5 mL de álcool 95% em tubos vedados, com capacidade de 37 mL, sem rosca e envoltos em papel alumínio, para limitar a luminosidade. Após 24 horas foi realizada a leitura das absorbâncias (664,2 e 648,6 nm) em espectrofotômetro (FEMTO 800 XI). Após a coleta de dados os cálculos dos teores de clorofilas (*a*, *b* e total) foram expressos em Mg.g MF de acordo com as equações propostas por Lichtenthaler (1987).

3.2.2 Determinação de trocas gasosas

As avaliações de trocas gasosas foram realizadas utilizando o Sistema de Fotossíntese Portátil - IRGA (Infra-Red Gas Analyser) (PPSystems), com o fluxo de fótons de $800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, referência de CO_2 de $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$ e temperatura constante ($\sim 25 \text{ }^\circ\text{C}$). Mensurou-se a concentração de carbono interno (*C_i*) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), condutância estomática (*g_s*) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa fotossintética (*A*) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (*E*) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e a eficiência do uso da água (*WUE*) ($\text{mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$). As medições foram realizadas utilizando cinco plantas por tratamento, em folhas completamente desenvolvidas e localizadas no terço médio da planta (Figura 4), registrando três medições para cada folha em intervalos de 20 s, entre as 10:00 e 11:30 horas.

Figura 4 - *Physalis angulata*: folha completamente desenvolvida



Fonte: FONSECA, 2021

3.2.3 Atividade da Redutase do nitrato

A atividade *in vivo* da redutase do nitrato (aRN) foi determinada em folhas jovens completamente expandidas (Figura 4) e em amostra de raízes, segundo metodologia proposta por Jaworski (1971) adaptada para *P. angulata* (n-propanol 1%) (TANAN, 2019). Foram utilizadas amostras com 200 mg de tecido foliar frescos (aproximadamente 20 discos) e 300 mg do tecido radicular, três amostras de plantas por tratamento. A absorbância das amostras foi determinada utilizando-se espectrofotômetro de feixe duplo (FEMTO 800XI), ajustado para $\lambda = 540$ nm. A enzima aRN foi estimada em μmol de nitrito liberado por 1 g de tecido fresco por hora de incubação ($\mu\text{mol g}^{-1} \text{h}^{-1} \text{NO}_2^-$) e foi calculada com base em equação linear obtida a partir da curva padrão do nitrito, previamente preparada.

3.2.4 Proteínas solúveis e aminoácidos livres totais

O extrato bruto foi obtido pela maceração de 1g de tecido de folha (retirada do terço médio da planta) por tratamento, com 10 mL de tampão fosfato em pH 7. O homogeneizado formado foi centrifugado a $12000 \times g$ por 15 min e o sobrenadante retirado para a realização das análises. A determinação de proteínas solúveis foi realizada pelo método de Bradford (1976) com albumina de soro bovino (BSA) como proteína padrão e o teor de aminoácidos livres totais foi determinado pelo método da ninhidrina, utilizando-se a Glicina $0,1\mu\text{mol/mL}$ pura como padrão (YEMM; COCKING, 1955). A absorbância das amostras foi determinada utilizando-se espectrofotômetro de feixe duplo (FEMTO 800XI), ajustado na absorbância de $\lambda = 595$ nm para proteínas e $\lambda = 570$ nm para aminoácidos e os resultados expressos em mg g MF.

3.2.5 Produção de massa de matéria seca

Os órgãos de quatro plantas (Figura 5) por tratamento (folha, caule e raiz) foram separados, ao final do ensaio e posteriormente acondicionados em sacos de papel e depositado em estufa de circulação forçada de ar à 60°C até atingir peso constante para determinação da massa de matéria seca (g) da parte aérea, da raiz e total. Também foi mensurada a razão raiz: parte aérea (R:PA).

Figura 5 - Produção de massa seca da parte aérea e raiz de *Physalis angulata* submetidas a doses de molibdênio



Fonte: FONSECA, 2021

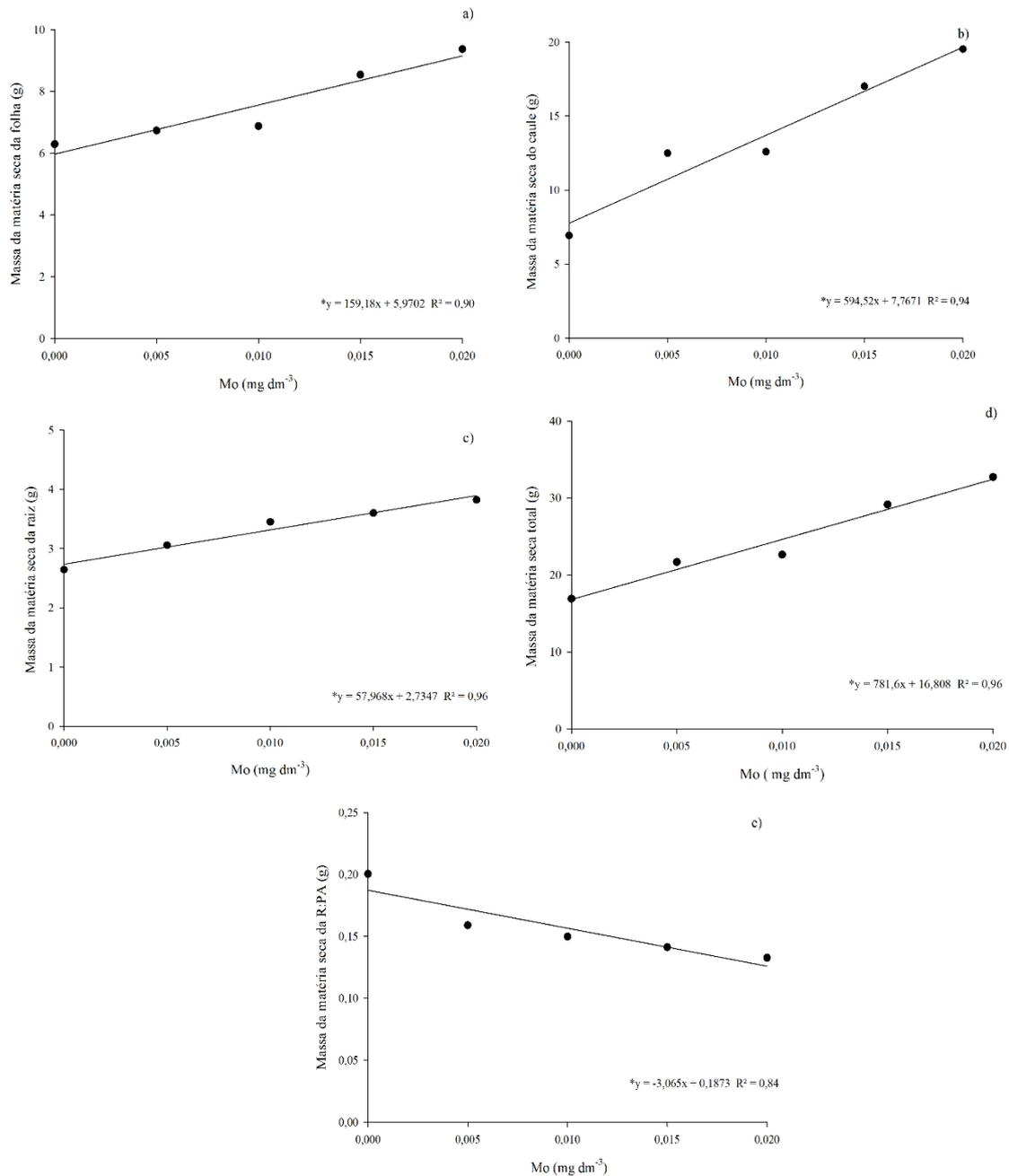
3.3 Análise estatística

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado com 12 repetições, considerando cada vaso com uma planta uma unidade experimental, composta por cinco plantas por tratamento totalizando 60 plantas. Os dados observados foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F e análise de regressão a 5% de significância, sendo ajustadas as equações das características avaliadas, utilizando o software Sisvar (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Plantas de *Physalis angulata* cultivadas em sistema hidropônico mostraram ser responsivas ao Mo, como o ilustrado na Figura 6.

Figura 6 - Acúmulo de fitomassa em plantas de *Physalis angulata* submetidas a doses de molibdênio (Mo) Massa da matéria seca da folha (a), do caule (b), da raiz (c), massa da matéria seca total (d) e razão raiz: parte aérea (e). *significativo a 5%



Fonte: FONSECA, 2021

Observou-se uma relação direta entre as doses de Mo e uma resposta linear positiva para a massa da matéria seca da folha - MSF (Figura 6a), do caule – MSC (Figura 6b), da raiz - MSR (Figura 6c) e massa seca total – MSTO (Figura 6d) das plantas ($p < 0,5$). Houve incrementos de 34,7 % para MSF, 60,4 % para MSC, 29,7 % para MSR e 48,1 % para MSTO, respectivamente, quando comparado ao crescimento de plantas na ausência de Mo na solução nutritiva. Como o observado no resumo gráfico do experimento na Figura 7.

Figura 7 - Resumo gráfico do experimento das respostas fisiológicas de *Physalis angulata*. L. cultivadas em doses de molibdênio



Fonte: FONSECA, 2021.

Skarpa; Kunzová; Zúkalová (2013) em ensaios com plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.), também notaram que a fertilização, via foliar, do Mo aumentou a massa da matéria seca das folhas em 21,4% e dos caules em 32,6%. Resultados como esses confirmam a hipótese de que as suplementações de cultivos com o Mo estão se relacionam e favorecem o metabolismo nas vias de captação e assimilação de nitrogênio (N) (MARSCHNER, 2012). Segundo o mesmo autor, o N proporciona acúmulo de fitomassa e condiciona a elevação e a eficiência fotossintética de plantas. Essa resposta ocorreu com as plantas desse experimento, o que implicou em efeitos positivos, adicionando o Mo externo como estratégia de adubação, contribuindo de maneira significativa para o crescimento vegetativo da *P. angulata*.

Foi observada para razão raiz:parte aérea (R:PA) uma resposta linear decrescente (Figura 6 e), com uma redução em 33% em relação ao tratamento sem o fornecimento do Mo na solução (0 mg dm^{-3}). Os valores mais elevados obtidos na ausência de Mo e nas doses de $0,005$ e $0,010 \text{ mg dm}^{-3}$ evidenciam uma resposta plástica da planta para a captura de recurso limitante (KOBÉ; IYER; WALTERS, 2010), por meio de um maior investimento para o sistema radicular. Já com o aumento das doses ($0,0015$ e $0,020 \text{ mg dm}^{-3}$), a R:PA expressou uma tendência de maior alocação dos fotoassimilados na parte aérea (folhas e caules) em

detrimento ao sistema radicular. Os resultados mostram que o fluxo de fitomassa foi direcionado para a parte aérea em condições de maior disponibilidade do micronutriente, já que as plantas se encontravam na fenofase reprodutiva, com a presença de flores, o que pode ter contribuído para a maior alocação na parte aérea.

O aumento da produção de fitomassa em plantas com potenciais medicinais, como a *P. angulata*, pode contribuir para o aumento de compostos secundários que ocorrem preferencialmente na parte aérea dessas plantas (CRUZ; SOUZA FILHO; PELACANI, 2015). A *P. angulata* se destaca pela síntese de derivados de vitanólideos simples, denominado fisalinas, que são sintetizados nas folhas juntamente com as demais partes verdes e raízes da planta (TOMASSINI et al., 2000).

O aumento da produção de fitomassa em plantas de *P. angulata* configura-se como um efeito benéfico em resposta aos tratamentos avaliados. Quando os elementos minerais são limitantes (tanto macro como micronutrientes) efeitos diretos podem ser notados principalmente os relacionados a redução da produção de fitomassa. Sendo assim, a produção de fitomassa e a produção de compostos derivados de vitanólideos, mesmo que indiretamente, pode ser influenciada negativamente em situações de reduzidas doses de Mo.

Uma vez verificado que plantas de *P. angulata* foram responsivas ao Mo, para o acúmulo de massa de matéria seca, este resultado reforça a importância desse micronutriente para os processos fisiológicos, entre eles, o metabolismo do N. Sabe-se que o íon Mo atua como cofator enzimático da atividade da redutase do nitrato (aRN), que tem sua atividade influenciada por fatores ambientais, tais como temperatura do ambiente, disponibilidade de água para a planta e nutrição mineral (MAZID; KHAN; MOHAMMAD, 2012; CRUZ et al., 2011). A atividade desta enzima é considerada crucial para que o N inorgânico possa ser capturado e incorporado em importantes moléculas orgânicas como proteínas, aminoácidos e as clorofilas.

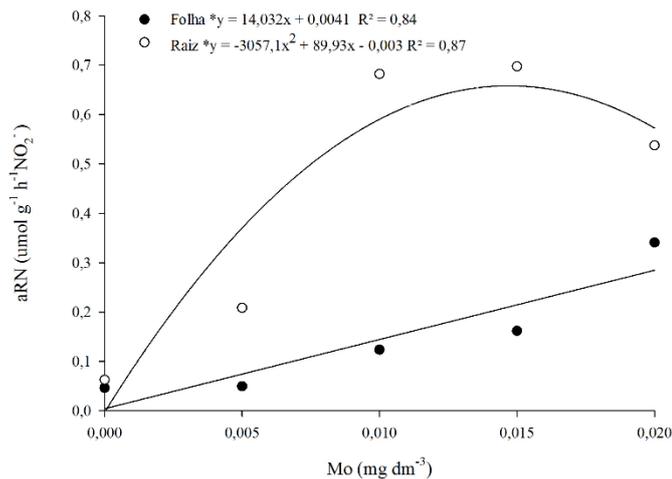
Os resultados relacionados a aRN demonstraram que a fertilização com Mo promoveu ganhos para a atividade da enzima nas folhas e raízes de *P. angulata* (Figura 8). Nas folhas os dados se adequaram a equação linear, observou-se um aumento desta variável em resposta ao aumento da concentração de Mo. A quantidade máxima de NO_2^- liberado na solução de incubação ($0,357 \mu\text{moles de NO}_2^-$) foi observada na maior dose de Mo testada, correspondendo a um acréscimo de 98% quando comparado às plantas que cresceram na ausência total do micronutriente na solução nutritiva. Estes resultados tornam-se importantes, em se tratando de micronutrientes como estimulante do crescimento de espécies de

Solanaceas, se atendo apenas a adubação química com macronutrientes, pois poucos estudos foram desenvolvidos para avaliar a resposta da aRN à fertilização com o Mo.

Estudos realizados por Passos (2013) demonstraram o efeito das diferentes doses de nitrogênio nos níveis da aRN em plantas de *Physalis peruviana* e *Physalis pubescens*. Já os ensaios realizados por Tanan (2019), avaliou os efeitos do suprimento de nitrato e amônio em diferentes proporções e a ocorrência da aRN em folhas e raízes em *Physalis angulata*. Em ambos os estudos, a importância da atividade da enzima foi relatada como essencial no processo de conversão de NO_3^- para NO_2^- e caso sua atividade for baixa, a assimilação do N também pode ser reduzida.

Este resultados corroboram os dados obtidos por Li-Ping;Yang-rui; Li-tao (2007), ao avaliarem folhas de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) cultivadas em solução nutritiva contendo diferentes níveis de Mo (0 a 0,04 mg L^{-1}), nas quais observaram um aumento da aRN desde a dose mínima testada (0,01 mg L^{-1}).

Figura 8 - Atividade da redutase do nitrato em folhas e raízes de plantas *Physalis angulata* submetidas a diferentes doses de molibdênio (Mo). * significativo a 5%



Fonte: FONSECA, 2021.

Os resultados mensurados nas plantas de *Physalis angulata* enfatizam que suplementações com Mo desempenham um importante papel como cofator enzimático na síntese da redutase do nitrato, intensificada pela presença do nitrato como substrato (ALMEIDA; ARAÚJO; ALVES, 2013), e que uma vez disponível para as plantas na forma de N inorgânico, pode ser incorporado em moléculas orgânicas (aminoácidos, proteínas, clorofilas, etc), e conseqüentemente, aumentar a massa da matéria seca (Figura 6).

Nas raízes das plantas de *Physalis angulata*, foi observada uma maior atividade da aRN em resposta ao Mo, sendo estimado o valor máximo de 0,68 μmoles de NO_2^- na dose 0,014 mg dm^{-3} de Mo reduzindo para níveis similares ao das folhas quando a dose do Mo foi de 0,02 mg dm^{-3} (Figura 8),

A redução do NO_3^- pode ocorrer de diferentes nos diferentes órgãos (TANAN, 2019). Neste trabalho, a raiz mostrou-se o órgão de maior expressão, em doses menores do micronutriente e enquanto que em doses maiores de Mo, a enzima tem atividade tanto nas raízes quanto nas folhas. Essa variação espacial da aRN pode ser benéfica para as plantas de *P. angulata* principalmente em estádios mais avançados da antese (60 dias após antese), que coincidem com o período de maior exaustão dos nutrientes minerais da solução em função do particionamento de assimilados para os drenos e o N metabolizado pela enzima poderia ser facilmente incorporado em moléculas orgânicas ou transportados para as demais partes da planta.

Comparativamente, a redução do NO_3^- nas raízes (Figura 8) é mais evidente quando as doses de Mo são elevadas, mostrando que as rotas de assimilação podem ser competitivas. Essa competitividade entre os locais de redução do NO_3^- pode estar relacionada com as condições ambientais, uma vez que a aRN em raízes de *Physalis angulata* é influenciada pelo período de maior incidência solar e temperatura (TANAN et al., 2019). Nessas condições, o fechamento estomático foliar é induzido como uma estratégia de redução às perdas hídricas e com impedimento temporário da translocação de assimilados, favorecendo a atividade da aRN nas raízes (KONISHI; YANAGISAWA, 2011).

Quando fornecido adequadamente, o Mo pode elevar a aRN e, conseqüentemente aumenta a assimilação de N, à medida que é disponibilizado para a planta. Essa condição pode ser favorável para a síntese e manutenção elevada de aminoácidos e proteínas nos tecidos foliares e nas raízes.

O teor de proteínas solúveis, presente nas plantas de *Physalis angulata*, atingiu valor máximo estimado de 11,72 mg g MF na dose 0,011 mg dm^{-3} de Mo (Figura 9 a). Elevações no teor de proteínas são benéficas, pois podem ser utilizadas no armazenamento de nitrogênio na planta e até mesmo serem mobilizadas para a redução de possíveis estresses (MENDES, 2011). Em sementes de soja, por exemplo, Oliveira et al. (2017) observaram que o teor de proteínas nessas sementes ajustou-se à equação linear crescente conforme aumentaram as doses de Mo e associaram esse resultado ao fato de que o Mo faz parte da molécula da nitrogenase e da enzima redutase nitrato, que estão diretamente ligadas ao metabolismo do N das plantas de soja, o que pode influenciar na maior incorporação de N e beneficiar por

consequentemente na elevação do teor de proteínas. Igualmente como as proteínas, oxidase de aldeído, oxidase do sulfato e oxidase da xantina (MALAVOLTA, 2006), que também possuem uma relação estrutural com o Mo.

O aumento do fornecimento de Mo, a partir de 0,015, seguiu o comportamento quadrático e promoveu decréscimo no teor de proteínas nas folhas. Tal diminuição foi significativa e pode ser atribuída ao estágio de desenvolvimento da planta em função do período avaliado, pois mesmo que as plantas não tenham apresentado características físicas de senescência, as avaliações foram realizadas no início da fase reprodutiva, correspondendo, portanto, fase de aparecimento contínuo de botões florais e pequenos frutos. Esse período é marcado pela intensa mobilização de fotoassimilados das folhas em direção a outras partes da planta, como os caules e frutos, que se tornam fortes drenos (LAVIOLA et al., 2007). Silva (2017) estudando o tomate na determinação do estado nutricional da cultura, afirmou que durante a fase reprodutiva, além de uma parte destes fotoassimilados produzidos serem utilizados para a manutenção da atividade fisiológica da própria folha, a máxima absorção diária dos nutrientes absorvidos coincide com a fase inicial da frutificação e é nesse período que ocorre o estabelecimento de uma força mobilizadora de nutrientes e assimilados, função do aumento da atividade metabólica ligada à atividade hormonal bem como também a divisão e crescimento celular.

Além disso, durante a fase reprodutiva o NO_3^- tem sua taxa de absorção reduzida e há aumento na exportação de aminoácidos das folhas, também em função da remobilização do nitrogênio foliar, para o desenvolvimento de inflorescências, por exemplo (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

Neste trabalho, concomitante ao declínio de proteínas solúveis totais, houve aumento de aminoácidos livres em plantas de *Physalis angulata* (Figura 9 b) o comportamento foi exponencial positivo a partir da elevação na concentração de Mo, sendo estimado o valor máximo de $0,0025 \text{ mg dm}^{-3}$.

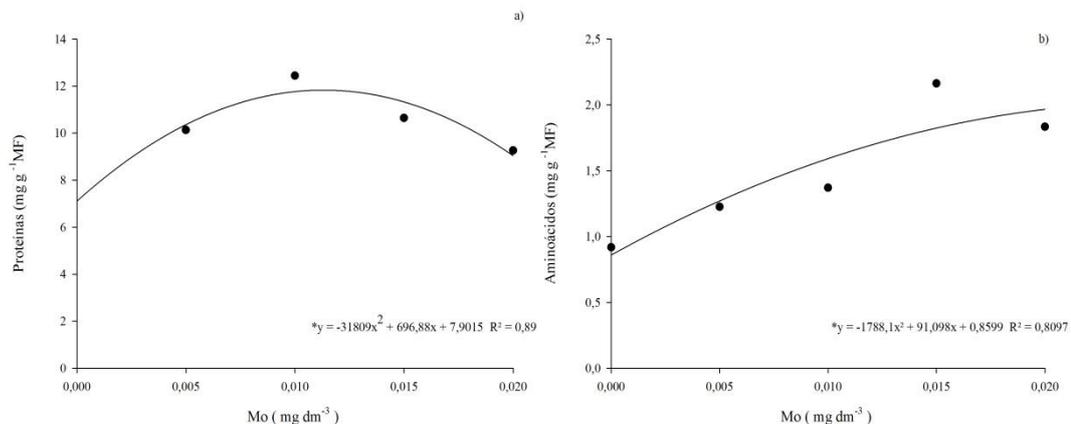
Até a dose de $0,01 \text{ mg dm}^{-3}$ observou-se um acréscimo de proteínas e aminoácidos (Figura 9). Como mencionado, as plantas estavam em fase reprodutiva e até a concentração de 0,014 de Mo houve uma maior expressão da aRN nas raízes (Figura 8), isso significa que o nitrogênio está sendo mais assimilado nas raízes e formando aminoácidos que serão transferidos tanto para as folhas quanto para as partes reprodutivas, mantendo alto os níveis de aminoácidos e proteínas nas folhas.

A partir da concentração de $0,014 \text{ mg dm}^{-3}$ de Mo há uma redução da assimilação nas raízes e nas folhas há um incremento (Figura 8). Certamente esse resultado obtido, significa

que o nitrato está sendo enviado para as folhas para ser assimilado e transformado em aminoácidos, para depois ser transferido para os outros órgãos drenos, e por isso há o aumento dos níveis de aminoácidos nas folhas a partir dessa concentração e redução das proteínas já que as flores são drenos mais fortes que o órgão vegetativo (folha) e houve redução da aRN nas raízes.

Nogueira; Haga; Franco (2015) avaliando o efeito das combinações dos nutrientes do boro, zinco e molibdênio no teor de aminoácidos e proteínas em grãos de ervilha, quantificados aos 72 dias após a emergência, observaram que a dose individualizada do Mo não alterou significativamente o teor de aminoácidos e proteínas nos grãos de ervilha. Os autores justificaram esses resultados pela provável quantidade existente desses micronutrientes na reserva da semente usada na semeadura que foi o suficiente para o crescimento e estabelecimento das plântulas.

Figura 9 - Teor de proteínas solúveis (a) e aminoácidos totais livres (b) em folhas de plantas de *Physalis. angulata*, submetidas a diferentes doses de molibdênio (Mo). * significativo a 5%

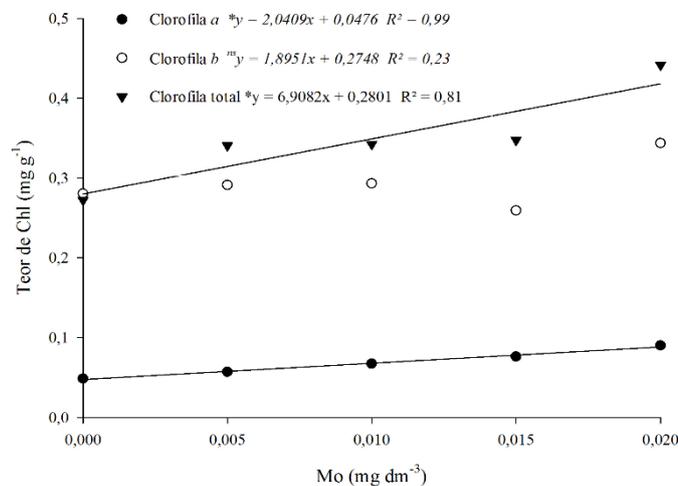


Fonte: FONSECA, 2021.

Nesse estudo, os teores de Clorofila *a* e total (Figura 10), apresentaram aumentos significativos ($p < 0,05$) com o incremento das doses de Mo. A maior média para Clorofila *a* foi de 0,090 mg.g⁻¹MF, já Clorofila total foi observada a maior média em 0,44 mg.g⁻¹MF. Para a clorofila *b* (Figura 10) os valores médios não foram significativos, porém variaram de 0,280 a 0,343 mg.g⁻¹MF. Este mesmo comportamento foi observado por Liu et al. (2019) ao investigarem os efeitos da aplicação de molibdênio (Mo) e zinco (Zn) no rendimento de grãos do trigo de inverno (*Triticum aestivum* L.), no qual a aplicação isolada do Mo proporcionou

aumento significativo no conteúdo de clorofila *a* e clorofila total (*a+b*) e reduzida síntese de clorofila quando o Mo estava indisponível para as plantas.

Figura 10 - Teor de Clorofila *a*, *b* e total em folhas de plantas de *Physalis angulata* submetidas a diferentes doses de molibdênio (Mo). * significativo a 5%. ns não significativo



Fonte: FONSECA, 2021.

As respostas obtidas para o aumento do teor de clorofila *a* e total com o incremento das doses de Mo, sugerem que os mecanismos de absorção do N inorgânico (nutriente integrante das clorofilas) e a atividade da aRN, podem ser favorecidos por meio de acréscimos de Mo externo, estabelecendo uma relação positiva com os teores dos pigmentos fotossintéticos.

O aumento no teor de clorofila pode promover elevação na absorção de luz e na transmissão de elétrons durante a fase fotoquímica da fotossíntese (RODRIGUES et al., 2016) e, possivelmente, gerar ganhos no processo de formação de ATP e NAD(P)H. Por outro lado, grandes reduções poderiam causar maior excitação nas moléculas de clorofila, o que provocaria formação de radicais livres e foto-oxidação, afetando outras membranas no processo fotossintético e a morte da planta (OLIVEIRA et al., 2018). Resultados dessa natureza são importantes indicadores do papel do molibdênio na biossíntese de clorofila, pois esse micronutriente promove a estabilização em sua estrutura e elevação no número e volume dos cloroplastos, e por consequência, proporciona melhor desempenho na síntese desse pigmento (DONG; WU; ZHANG, 2006; IANNONE; GROPPA; BENAVIDES, 2015).

Em relação às trocas gasosas, foram verificados efeitos significativos dos tratamentos para a condutância estomática (g_s), transpiração (E), concentração de carbono interno (C_i), taxa fotossintética (A) e eficiência do uso da água (WUE) ($p < 0,05$; Fig. 11).

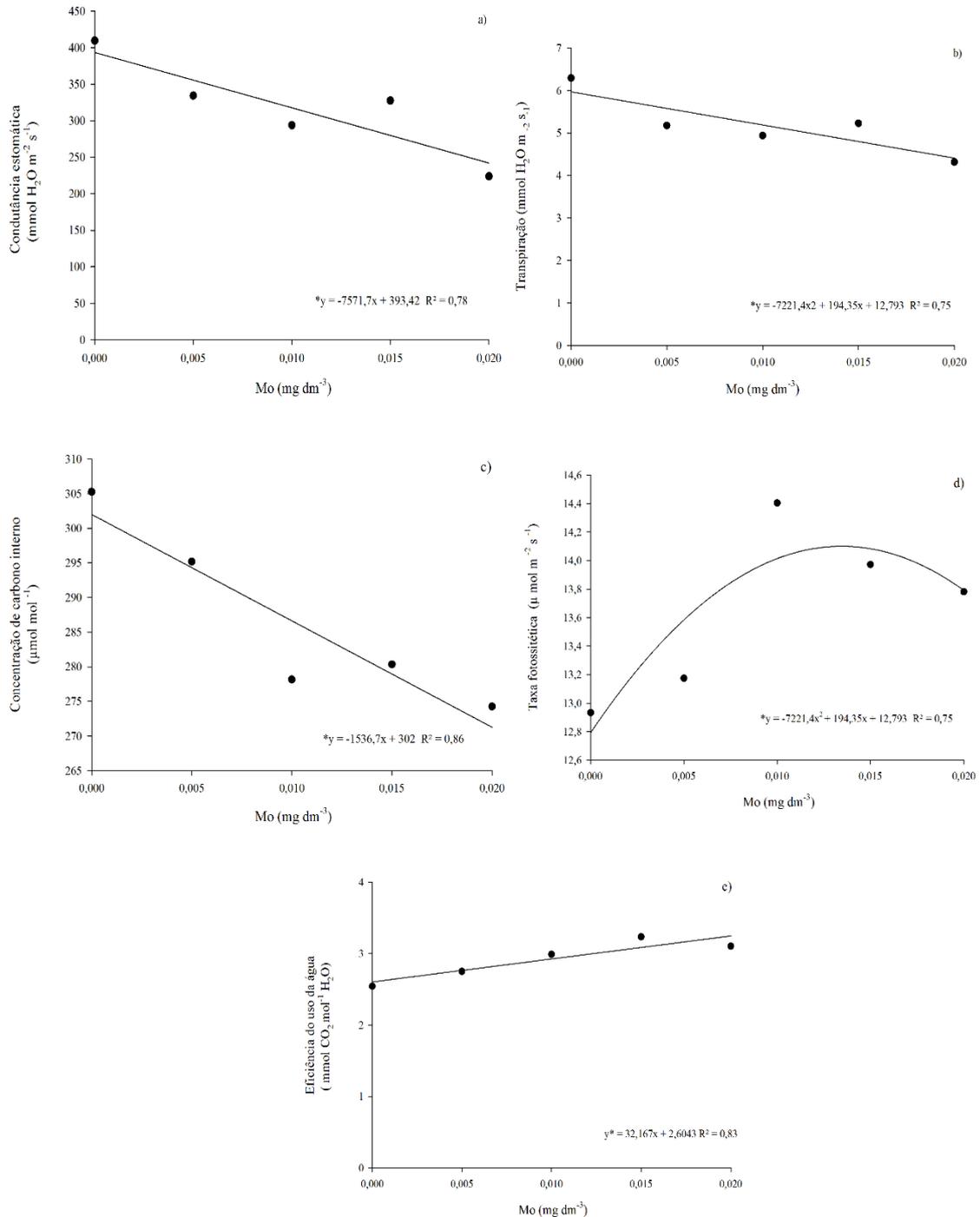
A g_s , variável relacionada à abertura estomática, reduziu linearmente a partir do incremento das doses Mo ($R^2 = 0,78$; Figura 11 a). No tratamento em que o Mo estava indisponível na solução nutritiva (0 mg dm^{-3}) houve o maior valor médio da g_s ($409,5 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), indicando que a abertura dos estômatos estava sem restrições funcionais, entretanto, este resultado não repercutiram maior assimilação de CO_2 (Figura 11 d) Além disso, a taxa fotossintética acompanha aRN (Figura 6), quando é reduzida a atividade da enzima na folha também é reduzida a fotossíntese (Figura 11d) e aumenta a concentração interna de CO_2 (Figura 11c), muito provavelmente por restrições no aparato fotossintético relacionado a síntese da enzima ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase / oxigenase (RuBisCO).

O processo transpiratório (Figura 11b) é determinado e controlado pelo desempenho estomático (LIMA et al., 2010), bem como pelas condições ambientais, com umidade relativa (UR) e temperatura (T), que proporcionam sua regulação. Grandes elevações na umidade relativa podem provocar diminuições da taxa de transpiração, já aumentos na temperatura, além de provocar maiores taxas de transpiração, também podem trazer incrementos na respiração e um aumento concomitante na concentração de dióxido de carbono intercelular, que pode constituir a causa do fechamento do estômato (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 1996; TAIZ et al., 2017).

Com relação às condições de cultivo, UR e T (Figura 2), do meio que circundava as plantas nesse experimento, houve um aumento na temperatura no decorrer do experimento e a umidade se manteve constante. Os efeitos prejudiciais das temperaturas altas nas plantas superiores ocorrem principalmente nas trocas gasosas e funções fotossintéticas, como na abertura e fechamento estomático e reações fotoquímicas primárias (SALISBURY; ROSS, 2013). Observou-se que a E (Figura 11, b) seguiu o mesmo comportamento da g_s (Figura 11 a) e foram observados os maiores níveis de E nas menores doses de Mo. A maior redução na E foi notada na dose $0,02 \text{ mg dm}^{-3}$ e apresentou valor médio de $4,3 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Qui et al. (2017) trabalhando com duas cultivares de colza (*Brassica napus* L.), observaram que o efeito dos níveis ($0, 0,15, 0,3$ e $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$) de molibdênio sobre a g_s e E , foi maior apenas na segunda dose testada ($0,15 \text{ mg kg}^{-1}$) e com base nos resultados obtidos, esses mesmos autores sugeriram que níveis elevados do micronutriente podem causar diminuições nestas variáveis, corroborando os resultados encontrados no presente trabalho.

Figura 11 - Condutância estomática g_s (a), transpiração $-E$ (b), concentração de carbono interno $-Ci$ (c), taxa fotossintética $-A$ (d), e eficiência do uso da água $-WUE$ (e) de plantas *Physalis angulata*, submetidas a diferentes doses de molibdênio (Mo). * significativo a 5%



Fonte: FONSECA, 2021.

Essa resposta pode está relacionada a intensificação da conversão de amônio no processo catalisado na redução do nitrato, através do incremento do Mo. O amônio, pode ter

influência negativa sobre a condutância estomática da planta, e conseqüentemente interferir diretamente na transpiração (SILVA et al., 2010), fato que pode explicar reduções dessas variáveis nas maiores doses testadas. Já o Mo pode contribuir para síntese do ácido abscísico (ABA) que desempenha um papel importante no ajuste do estado da água nas células guarda, além de induzir expressões de genes que estão envolvidos na tolerância à desidratação celular.

Liu et al. (2010), realizaram ensaios relacionados aos efeitos interativos do molibdênio e fósforo nas características fotossintéticas de mudas e produtividade de grãos de *Brassica napus* e notaram que a aplicação individual do Mo não promoveu ganhos sobre a g_s ou E , mas obteve efeitos positivos sob essas variáveis quando o micronutriente foi aplicado conjuntamente ao fósforo, assim como diversos trabalhos com o molibdênio em conjunto com outros elementos, encontrados na literatura (MESCHÉDE et al., 2004; MEDEIROS; SOUZA, 2005; OLIVEIRA, 2012; BAZZO et al., 2018; AMARO et al., 2019).

Wu et al. (2014) em estudos com os efeitos molibdênio na utilização da água, defesa antioxidante e capacidade de ajuste osmótico em trigo de inverno (*Triticum aestivum*) sob estresse hídrico, observaram que as reduções obtidas com o uso do Mo para g_s e E , contribuíram para a manutenção da elevação do status de água. No presente trabalho, apesar da redução da taxa fotossintética a partir da concentração $0,013 \text{ mg dm}^{-3}$ de Mo, não houve interferência negativa no acúmulo de MS, como observado na Figura 5. Comparativamente, os valores obtidos para essas variáveis com a elevação das doses do Mo foram similares aos valores obtidos com mesma espécie em ensaios realizados por Leite et al. (2018), no qual plantas cultivadas em solo sem restrições hídricas apresentaram valores da g_s e E em torno de $270 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $2,6 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente.

Com relação a C_i (Figura 11 c), os tratamentos 0 e $0,005 \text{ mg dm}^{-3}$ de Mo houve uma redução linear com o aumento da concentração do micronutriente. As maiores médias obtidas foram $305,25$ e $295,17 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$, indicando a presença do carbono na câmara subestomática, pois a presença de gás carbônico na câmara é suficiente para aumentar a atividade das enzimas carboxilativas, mas nem sempre essa relação é direta, já que vários outros pontos são regulatórios, como a quantidade das enzimas e coenzimas no processo de assimilação do carbono.

Uma redução da C_i foi notada nas maiores doses do micronutriente, na dose recomendada para o cultivo hidropônico ($0,01 \text{ mg dm}^{-3}$ de Mo), apresentando média de $278,17 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$ (Figura 11 c). Chaves et al. (2009) relataram que a redução da concentração de carbono interno pode indicar a ocorrência de limitações na resistência

estomática . Com a restrição da C_i em função do fechamento estomático nas maiores doses de Mo, o carbono que está na câmara pode ter sido utilizado pela RuBisCo, no entanto, não sendo suficiente para saturar todos os sítios ativos, o que pode causar uma pequena redução da fotossíntese (A) (Figura 11 d) por falta de CO_2 .

O comportamento da A (Figura 11 d) e WUE (Figura 11 e) diferiram do observado para as variáveis anteriores ($<0,05$). Para A o comportamento foi quadrático ($R^2 = 0,75$) e apresentou na dose de 0 e $0,005 \text{ mg dm}^{-3}$ de Mo as menores médias ($12,93$ e $13,17 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) coincidindo com o comportamento de menor aRN em folhas nas mesmas doses testadas (Figura 8). Nas folhas, a fotossíntese faz-se necessária para ativação da enzima aRN, possivelmente através de assimilados que agem como sinalizadores do cloroplasto, provocando mudanças rápidas em sua atividade (KAISER; HUBER, 2001). Além disso, com o aumento das doses de Mo há uma tendência de redução, após o pico da curva quadrática.

Em relação à WUE (Figura 11 e), variável relacionada à quantidade de carbono fixado pela planta por unidade de água transpirada (CAMPOS et al., 2016), a resposta foi linear ($R^2 = 0,83$) apresentado valores $3,23$ e $3,10 \text{ mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$, quando a dosagem do micronutriente era elevada $0,015$ e $0,02 \text{ mg dm}^{-3}$, respectivamente. De acordo com estes resultados, as doses crescentes de Mo aumentaram a WUE em *P. angulata* e provocou perdas mínimas da água disponível, observado também nos valores obtidos pela g_s (Figura 11 a), durante a assimilação de CO_2 na fotossíntese para a produção de massa de matéria seca (IGBAL et al., 2011), como observado na Figura 6.

5 CONCLUSÃO

A fertilização com $0,020 \text{ mg dm}^{-3}$ de Mo proporcionou ganhos de fitomassa e incrementos nos teores dos pigmentos fotossintéticos de plantas de *Physalis angulata* no sistema hidropônico.

A taxa fotossintética e a eficiência do uso da água são favorecidas pelo incremento de Mo.

REFERÊNCIAS

- ABDUL-NASIR-DEEN, A. Y. et al. Anti-inflammatory and wound healing properties of methanol leaf extract of *Physalis angulata* L. **South African Journal of Botany**, v. 133, p. 124-123, 2020.
- ALMEIDA, F. F. D.; ARAÚJO, A. P.; ALVES, B. J. R. Seeds with high molybdenum concentration improved growth and nitrogen acquisition of rhizobium-inoculated and nitrogen-fertilized common bean plants. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 367-378, 2013.
- AMARO, H. T. R. et al. Qualidade fisiológica de sementes de crambe tratadas com zinco e molibdênio. **Colloquium Agrariae**, v. 15, p. 133-139, 2019.
- ARNON, D. I; STOUT, P. R. Molybdenum as an essential element for higher plants. **Plant Physiology**, v. 14, p. 599–602, 1939.
- BARROSO, N. D S. et al. *Physalis* development according to the growing season in the semi-arid region of the Bahia state, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 48, p. 429-435, 2018.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R.; VALADARES, J. M. A. S. O. Molibdênio em solos do Estado de São Paulo. In: **Congresso brasileiro de ciência do solo**, 1976, Campinas. Anais.: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976, v. 15, p. 107-111.
- BAKER, D. H. A.; RADY, H. M. Bioassay-guided approach employed to isolate and identify anticancer compounds from *Physalis peruviana* calyces. **Plant Archives**, v. 20, p. 3285–3291, 2020.
- BEEVERS, L.; HAGEMAN, R. H. Nitrate and nitrite reduction. **The biochemistry of plants**, v. 5, p. 115-168, 1980.
- BEEVERS, L., HAGEMAN, R.H. Nitrate reduction in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 20, p. 495-522, 1969.
- BITTENCOURT, M. V. L. Impactos da Agricultura no meio ambiente; Principais tendências e desafios (Parte 1). **Economia & Tecnologia**, v. 18, p. 157-167, 2009.
- BRAGA, G. N. M. **Adubação foliar - Micronutrientes na cultura da soja e milho**. 2009. Disponível em: < www.agronomiacomgismonti.blogspot.com.br>. Acesso em: 23 de Maio de 2020.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, p. 365-372, 2000.
- CALONEGO, J. C. et al. Adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro com suplementação de molibdênio via foliar. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, p. 334-340, 2010.

- CAMPOS, A. R. F. et al. Physiological attributes of jatropha under different planting densities and nitrogen doses. **Revista brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 12, p. 1112-1117, 2016.
- CHAVES, M.M. et al. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, p. 551-560, 2009.
- CHATTERJEE. C; NAUTIYAL. N. Molybdenum stress affects viability and vigour of wheat seeds. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, p. 1377–1386, 2001.
- CHENG, T. The effect of the seed treatment with microelements upon the germination and early growth of wheat. **Scientia Sinica**, v. 44, p. 129-135, 1985.
- CRAWFORD N. M.; GLASS, A. D. M. Molecular and physiological aspects of nitrate uptake in plants. **Trends in Plant Science**, v. 31, p. 389-395, 1998.
- CRUZ, F. J. R. da et al. Aluminum negative impact on nitrate reductase activity, nitrogen compounds and morphological parameters in sorghum plants. **Australian Journal of Crop Science** v. 5, p. 641-645, 2011.
- CRUZ, J. L.; SOUZA FILHO, L. F. S.; PELACANI, C. R. Influência da adubação fosfatada sobre o crescimento do camapu (*Physalis angulata* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 3, p. 360-366, 2015.
- Cultivo de Tomate para Industrialização. **Embrapa Hortaliças**. Sistemas de Produção, 1 - 2ª Edição. Dez./2006.
- CURI, P. A. et al. Characterization of different native american physalis species and evaluation of their processing potential as jelly in combination with brie-type cheese. **Food Science and Technology**, v. 38, p. 112-119, 2017.
- CHOW, F. ; OLIVEIRA, M. C; PEDERSEN, M. 2004. In vitro assay and light regulation of nitrate reductase in the red alga *Gracilaria chilensis*. **Journal of Plant Physiology**. v. 161, p. 769-776, 2004.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2006. p. 328-354.
- DECKHARD, E. L., LAMBERT, R.J., HAGEMAN, R.H. Nitrate reductase activity in corn leaves as related to yields of grain and grain protein. **Crop Science**, v.13, p. 343-350, 1973.
- DINIZ, A. F. SANTOS, R. L. SANTO S. M. Avaliação dos riscos de seca para o município de Feira de Santana-Ba associado à influência do el niño no semi-árido do nordeste brasileiro. **Geografia**, v. 1, p. 18–24, 2008.
- DONATO, V.M.T.S. et al. Atividade enzimática em variedades de cana-de-açúcar cultivadas in vitro sob diferentes níveis de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 1087-1093, 2004.
- DONG, J.; WU, F.B.; ZHANG, G.P. Influence of cadmium on antioxidant capacity and four microelement concentrations in tomato seedlings (*Lycopersicon esculentum*). **Chemosphere**, v.64, p.1659–1666, 2006

EPSTEIN, E., BLOOM, A. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina: **Planta**, 2006, v.2, p. 403.

FAQUIN, Valdemar. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA / FAEPE, 2005.

FERREIRA, A.C.B. et al. Características agronômicas do feijoeiro em função do molibdênio contido na semente e da sua aplicação via foliar. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 25, p. 65-72, 2003.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistic analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 15 maio 2020.

FONSECA, F. C. **Utilização de molibdênio via foliar no enriquecimento de sementes de soja**. 2006. 28f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Solos), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

FONTES, R. V. et al. Diferentes espaçamentos de plantio e níveis de adubação sobre a atividade da redutase do nitrato em folhas do híbrido de mamoeiro, **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 1138-1145, 2010.

GAO, C. et al. Cytotoxic withanolides from *Physalis angulata*. **Natural Product Research**, v. 32, p. 676-681, 2018.

GOJON, A.; NACRY, P.; DAVIDIAN, J.C. Root uptake regulation: a central process for NPS homeostasis in plants. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 12, p. 328–338, 2009.

GUEDES, M. N. S. et al. Antioxidant activity and total phenol content of blackberries cultivated in a highland tropical climate. **Acta Scientiarum**, v. 39, p. 43-48, 2017.

HANSEL, F. D.; OLIVEIRA, M. L. de. Importância dos micronutrientes na cultura da soja no Brasil. **International Plant Nutrition Institute**, v. 153, p. 2, 2016.

HARPER, J.E. Nitrogen metabolism. In: BOOTE, K.J., BENNETT, J.M., SINCLAIR, T.R., et al. **Physiology and determination of crop yield**. Madison: ASA/CSSA/SSSA. Chapt, v.11. p. 285-302, 1994.

HAROLD F; REETZ, Jr. **Fertilizantes e o seu uso eficiente**. Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA) São Paulo, Brasil, p.32-42, 2017.

IANNONE, M.F.; GROPPA, M.D.; BENAVIDES, M.P. Cadmium induces different biochemical responses in wild type and catalase-deficient tobacco plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 109, 201–211, 2015.

IGBAL, N. et al. Exogenously-sourced ethylene increases stomatal conductance, photosynthesis, and growth under optimal and deficient nitrogen fertilization in mustard. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, p. 4955-4963, 2011.

IMRAN M, H. C. et al. Molybdenum-induced effects on photosynthetic efficacy of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under different nitrogen sources are associated with nitrogen assimilation. **Plant Physiol Biochem**, v 16, p. 141-154, 2019.

JADOSKI, S.O.; KLAR, A.E.; SALVADOR, E.D. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. **Ambiência**, v.1, p.11-19, 2005.

JAWORSKI, E. G. Nitrate reductase assay in intact plant tissues. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v.43, p.1274-1279, 1971.

KAISER, B. N. et al. The role of molybdenum in agricultural plant production. **Annals of Botany**, v. 96, p. 745-754, 2005.

KAISER, W.M.; HUBER, S.C. Post-translational regulation of nitrate reductase: mechanism, physiology relevance and environmental triggers. **Journal of Experimental Botany**, n. 363, p. 1981-1989, 2001.

KOBE, R. K; IYER, M; WALTERS, M. B. Optimal partitioning theory revisited: Nonstructural carbohydrates dominate root mass responses to nitrogen. **Revista Ecológica**, v. 91, p.166–179, 2010.

KONISHI, M; YANAGISAWA. S. The regulatory region controlling the nitrate-responsive expression of a nitrate reductase gene, NIA1, in Arabidopsis. **Plant and Cell Physiology**, v,5, p.824-836, 2011.

KRONZUCKER, H.J. et al. Ammonium toxicity and the real cost of transport. **Trends in Plant Science**, v. 6, p. 335-337, 2001.

LAM, H.M. et al. The molecular-genetics of nitrogen assimilation into amino acids in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 47, p. 569-593, 1996.

LAVIOLA et al. Alocação de fotoassimilados em folhas e frutos de cafeeiro cultivado em duas altitudes. **Pesquisa agropecuária brasileira.**, v.42, p.1521-1530, 2007.

LAWLOR, D. W. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. **Journal Experimental Botany**, v. 53, p. 773-787, 2002.

LEITE, R. S. et al. Hydroponic cultivation of *Physalis angulata* L.: growth and production under nitrogen doses. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, p. 145-151, 2017.

LEITE. R. da S. et al. Alleviation of water deficit in *Physalis angulata* plants by nitric oxide exogenous donor. **Agricultural Water Management**, v. 216, v. 98-104, 2019.

LEITE. R. da S. et al. Hydroponic cultivation of *Physalis angulata* L.: growth and production under nitrogen doses. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 2, p. 145-151, 2017.

LEITE. R. da S. et al. Physiological Responses of *Physalis angulata* Plants to Water Deficit. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, 2018.

LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods Enzymology**, v.148, p.350-382,1987.

LILLO C. et al. Mechanism and importance of posttranslational regulation of nitrate reductase. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, p. 1275-1282, 2004.

LILLO, C. Signalling cascades integrating light-enhanced nitrate metabolism. **Biochemical Journal**,v. 515, p. 11-19, 2008.

LIMA FILHO, O. F. de. **Toxicidade de Micronutrientes em Sorgo-Sacarino: Diagnóstico Visual**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2016, 4 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Circular Técnica, 38).

LIMA, M. A et al. Trocas gasosas em folhas de sol e sombreadas de cajueiro anão em diferentes regimes hídricos. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.654-663, 2010.

LI-PING, W.; YANG-RUI, L.; LI-TAO, Y. Effects of Molybdenum on Nitrogen Metabolism of Sugarcane. **Sugar Tech**, v. 9, n. 1, p. 36–42, 2007.

LIU, C.K. Co-application of molybdenum and zinc increases grain yield and photosynthetic efficiency of wheat leaves. **Plant, Soil Environ**, v.65, p. 508–515, 2019.

LIU, H. et al. Interactive effects of molybdenum and phosphorus fertilizers on photosynthetic characteristics of seedlings and grain yield of *Brassica napus*. **Plant, Soil Environ**, v. 326, p. 345-353, 2010.

LÓPEZ, R. S. et al. Molybdenum Availability in Andisols and Its Effect on Biological Parameters of Soil and Red Clover (*Trifolium Pratense* L.). **Soil Science**, v. 172, p. 913–924, 2007.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas Medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2ª ed. Nova Odessa, Instituto Plantarum, 2008.

MAJEROWICZ, N. et al. Growth and nitrogen metabolism of *Catasetum fimbriatum* (Orchidaceae) grown with different nitrogen sources. **Environmental and Experimental Botany**, v. 44, p. 195-206, 2000.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo, **Agronômica Ceres**. p. 638, 2006.

MANUEL, T.J. et al. Role of Nitrate Reductase in NO Production in Photosynthetic Eukaryotes. **Plants**, v. 8, p. 56, 2019.

MARIN, Sisley GM. Actividad inmunoestimulante del extracto acuoso liofilizado de la planta entera de *Physalis angulata* L. en ratas albinas cepa Holtzman. **Revista Peruana de Medicina Integrativa**, v.1. p.3846, 2017.

MARSCHNER, P. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3. ed. San Diego: **Academic Press**, 2012, ed. 3ª, p. 672.

MATSUMURA, A. T. **Controle da atividade da redutase do nitrato em plantas de abacaxizeiro submetidas a baixas temperaturas em diferentes fases do ciclo diurno**.

2012. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Botânica) – Instituto de Biociências- Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo.

MAZID, M.; KHAN, T.A.; MOHAMMAD, F. Role of nitrate reductase in nitrogen fixation under photosynthetic regulation. **World Journal of Pharmaceutical Research**, p. 386-414, 2012.

MEDEIROS, D. Z. de O.; SOUZA, G. M. Interação entre molibdênio e nitrogênio no crescimento de brachiaria brizantha cv. Marandu. **Colloquium Agrariae**, n. 2, p. 6-15, 2005.

MEGURO, N.; MAGALHÃES, A. C. Atividade da redutase de nitrato em cultivares de café. **Pesquisa agropecuária brasleira**, n. 12, p. 1725-1731, 1982.

MELO, P. C. de A. et al. Solanáceas em sistema orgânico no Brasil: tomate, batata e physalis Solanaceaes in organic system in Brazil: tomato, potato and cape gooseberry. **Scientia Agropecuaria**, v 8, p. 279, 2017.

MENDES, B. S. da S. et al. Mecanismo fisiológicos e bioquímicos do abacaxi ornamental sob estresse salino. **Revista Caatinga**, v. 24, p.71-77, set. 2011.

MESSIAS, Arminda Saconi et al., **Recomendações de Adubação** 1998, p.36.

MOSCHINI, B. P. et al. Crescimento e diagnose de deficiências nutricionais em *Physalis peruviana* L. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, p. 169-176, 2017.

MUNIZ, J. **Sistemas de condução e espaçamentos para o cultivo de *physalis* (*Physalis peruviana* L.) no planalto catarinense**. Revista Brasileira de Fruticultura., v. 33, p. 830-838, 2011.

NETTO, J. F. A. **Atividade das enzimas redutase do nitrato e glutamina sintetase em cafeeiro arábica**. 2005. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Fitotecnia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo.

NOGUEIRA, D. C.; HAGA, K. I.; FRANCO, R. A. M. Determinação do conteúdo de proteínas, carboidratos, aminoácidos e teor de nutrientes dos grãos de ervilha, cultivadas sob aplicação foliar de boro, zinco e molibdênio. **Revista Conexão Eletrônica**, v. 12, p 1-8, 2015.

OLIVEIRA, A. C. de. **Interação da Adubação nitrogenada e molibdica em cana-de-açúcar**. 2012. 57 f. Tese de doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Agronomia. Recife.

OLIVEIRA, J.A.R. de. et al. Caracterização física, físico-química e potencial tecnológico de frutos de camapu (*Physalis angulata* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.5, p.573-3, 2011 a.

OLIVEIRA, L. J. de. et al. Características agronômicas e atividade da redutase do nitrato em plantas de *Campomanesia* sp. sob estresse hídrico. **Revista Agrarian**. v.4, p.43-53, 2011 b.

OLIVEIRA, W. J. de. et al. Fluorescência da clorofila como indicador de estresse salino em feijão caupi. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, p. 2592 - 2603, 2018.

OLIVEIRA et al. Produção de sementes de soja enriquecidas com molibdênio. **Revista Ceres**, v. 64, p. 282-290, 2017.

PASSOS, Amanda Izabel. Adubação e assimilação de nitrogênio em duas espécies de fisális. 2013. 41f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco.

PINTO, N. B. et al. Topical anti-inflammatory potential of Physalin E from *Physalis angulata* on experimental dermatitis in mice. **Phytomedicine: international journal of phytotherapy and phytopharmacology**, v. 17, p. 740-743, 2010.

POLTRONIERI, E. **Alternativas para o mercado interno de pequenas frutas**. In: Seminário Brasileiro Sobre Pequenas Frutas, 1., 2003, Vacaria, RS. Anais... Vacaria, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2003, p. 37-40.

QUEIROGA, RCF et al. Influência de doses de nitrogênio na pesquisa e qualidade do melão *Cantalupensis* sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, n.4, p.550-556, 2007.

RAMOS, C. A. S. R. et al. Influence of maturity stage on physical and chemical characteristics of fruit and physiological quality of seeds of *Physalis angulata* L. **Scientia Horticulturae**. v.284, p. 110-124, 2021.

RANA, M. S et al. Soil phosphorus transformation characteristics in response to molybdenum supply in leguminous crops. **Journal of Environmental Management**, v.10, p.268- 1106, 2020.

RAVEN, J. A.; SMITH, F. A. Nitrogen assimilation and transport in vascular land plants in relation to intracellular pH regulation. **New Phytologist**, v. 76, p. 415-431, 1976.

RAVEN, P. H., EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. 5ª edição. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 1996.

RENJIFO-SALGADO E; VARGAS-ARANA G. *Physalis angulata*.L (Bolsa Mullaca): A review of its traditional uses, chemistry and pharmacology. **Boletín Latino Americano Caribe Plant Med Aromat**, v. 12, p. 431–452, 2013.

RESENDE, V. de R. **Adubação com micronutrientes no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 43 p.

RODRIGUES, Carlos Ribeiro. et al. Clorofila a e b de tomateiro tratado com silicato de potássio e fungicida. **Global Science and Technology**, v.09, p.54–64, 2016.

RODRIGUES, E. et al. Minerais e ácidos graxos essenciais da fruta exótica *Physalis peruviana* L. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 29, p. 642-645, 2013.

ROSSETTO, C.A.V.; et al. Embebição de sementes de soja em solução de fosfato de potássio. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 385- 392, 2002.

RUFATO, L. et al. **Aspectos técnicos da cultura da Physalis**. Lages: CAV/UEDESC; Pelotas: UFpel, 2008. 100p.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Fisiologia das Plantas**. 4ª Edição, Cengage Learning, 2013. 774p.

SARRUGE, J. R. Soluções nutritivas. **Summa Phytopathologica**. Piracicaba, v.3, p.231-233, 1975.

SFREDO, G. J.; OLIVEIRA, M. C. N. Soja: molibdênio e cobalto. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 36 p.

SHARMA N. et al. A pharmacological comprehensive review on “Rassbhary” *Physalis angulata* (L.). **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v.7, p. 34–8, 2015.

SILVA, K.N.; AGRA, M.F. Estudo farmacobotânico comparativo entre *Nicandra physalodes* e *Physalis angulata* (Solanaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 15, p. 344-351, 2005.

SILVA, P. C. C. et al. Absorção dos íons amônio e nitrato e seus efeito dos íons amônio e nitrato no desenvolvimento do girassol em solução nutritiva. *Revista de biologia e ciências da terra*. v.10, n.1, p. 104-114. 2010.

SILVA, R.R.P. et al. In vitro biological action of aqueous extract from roots of *Physalis angulata* against *Leishmania amazonensis* (Leishmania). **BMC Complementary and Alternative Medicine**. v. 15, p. 249, 2015.

SILVA, B.J.M. et al. In vitro antileishmanial effects of *Physalis angulata* root extract on *Leishmania infantum*. **Journal Integration Medicine**. v. 16, p. 404–410, 2018.

SILVA, P. C. G. et al. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. p. 18-48. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/87256/1/Digitalizar0007.pdf>> Acesso em: 25.03.2021.

SILVA, L. V. da. Avaliação do glicosímetro para determinação do estado nutricional na cultura do tomate (*Solanum lycopersicum*, L.) 2017. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Biosistemas da Universidade Federal Fluminense. Niterói.

SKARPA, P.; KUNZOVÁ, E. H.; ZUKALOVÁ, S. Foliar fertilization with molybdenum in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Plant Soil Environ**. v. 59, p. 156–161, 2013.

SOUZA, C. L. M. et al. Biometric characteristics of fruits and physiological characterization of seeds of *Physalis* species (Solanaceae). **Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 12, p. 277-282, 2017.

SOUZA, C.L.M. et al. Morfologia de sementes e desenvolvimento pós-seminal de *Physalis angulata* L. **Acta botânica brasileira**. v. 24, p. 1082-1085, 2010.

SOUZA, N. K. R.; AMORIM, S. M. C. Crescimento e desenvolvimento de *Physalis angulata* Lineu submetida ao déficit hídrico. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 7, p. 65-72, 2009.

- STEHMANN, J.R. et al. **Solanaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB14696>>. Acesso em: 15 de maio 2020.
- SUN, C. P. et al. Antiproliferative and Anti-inflammatory Withanolides from *Physalis angulata*. **Journal of Natural Products**, v.6, p.1586–97, 2016.
- TAIZ, L. et al. **Fisiologia Vegetal**. Artmed Editora. v. 6, 2017, 157-159p.
- TANAN, T. T et. al., Characterization of nitrate reductase activity (NR) in foliar and radicular tissues of *Physalis angulata* L.: diurnal variations and protocol optimization. **Australian journal of crop Science**, v.13, p. 1120-1125, 2019.
- TANAN, T. T. et al. Spectrophotometric Determinations of Chloroplastidic Pigments in *Physalis angulata* L. Leaves Using Different Methodologies. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, p. 117- 122, 2017.
- TANAN, T. T.; NASCIMENTO, M. N.; LEITE, R. S. Produção e caracterização dos frutos de espécies de *Physalis* cultivadas no semiárido baiano. **Colloquium Agrariae**, v. 14, p. 113-121, 2018.
- TANAN, T. T. 2019. Absorção, assimilação e transporte de nitrogênio em plantas de *Physalis angulata* L. 2019. 128 p. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais), Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana, Bahia.
- TEJADA-JIMENEZ, M. et al. Role of Nitrate Reductase in NO Production in Photosynthetic Eukaryotes. **Plants**. v. 8, p. 56, 2019.
- TISCHNER, R. Nitrate uptake and reduction in higher and lower plants. **Plant Cell and Environment**, v. 23, p.1005-1024, 2000.
- TOMASSINI, T. C. B.; BARBI, N. S.; RIBEIRO, I. M.; XAVIER, D. C. D. Gênero *Physalis*: uma revisão sobre vitaesteróides. **Química Nova**. v. 23, p. 47-57, 2000.
- TORQUATO. J. P. P. **Interação de fósforo e molibdênio nas concentrações de nutrientes e na produção de “feijão caupi”**. 2008. 102 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Solos, Fortaleza.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. New Jersey: Centerton, 1955.
- VIANA; E. M.; KIEH, J. de C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo . **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 975-982, 2010.
- WU. S. et al. Effects of molybdenum on water utilization, antioxidative defense system and osmotic-adjustment ability in winter wheat (*Triticum aestivum*) under drought stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 83, p. 365-374, 2014.
- XU, G.; FAN, X.; MILLER, J. A. Plant Nitrogen Assimilation and Use Efficiency. **Annual Review of Plant Biology**, v. 63, p. 153-182, 2012.

YU, M.; W. S, 2005. Effect of Mo Deficiency on the Content of Chlorophyll and the Ultrastructure of Chloroplast in Winter Wheat Cultivars. **Journal of Huazhong Agricultural**, v. 24, p. 534-465, 2005.

YUE, Y. et al. Arabidopsis LOS5 / ABA3 over- expression in transgenic tobacco (*Nicotiana tabacum* cv. Xanthi-nc) results in enhanced drought tolerance. **Plant Science**. v.181, p. 405-411, 2011.

