

TROCAS GASOSAS E BIOQUÍMICAS DA MANGUEIRA ‘TOMMY ATKINS’: APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTES NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

 <https://doi.org/10.56238/arev7n4-045>

Data de submissão: 06/03/2025

Data de publicação: 06/04/2025

Marcelo da Silva Martins

Doutorando em Engenharia Agrícola
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
E-mail: marcelomartinsag1212@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6933-4303>

Welson Lima Simões

Doutor em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Viçosa - MG
Pesquisado da EMBRAPA Semiárido, Petrolina -PE
E-mail: welson.simoes@embrapa.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1474-9410>

José Aliçandro Bezerra da Silva

Doutor em Biologia Vegetal
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP
Professor da UNIVASF- Juazeiro - BA
E-mail: alissandrojbs@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7189-2673>

Maria Aparecida do Carmo Mouco

Doutora em Agronomia
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP
Pesquisadora da EMBRAPA Semiárido, Petrolina -PE
E-mail: maria.mouco@embrapa.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0697-9638>

Jucicleia Soares da Silva

Doutora em Engenharia Agrícola
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
E-mail: jucicleiass@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3409-0326>

Vinicius Amorim Freire

Graduando em Licenciatura em Ciências Biológicas
Universidade de Pernambuco - UPE
E-mail: viniciusamorim12587@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8427-238X>

Italla Mikelly Barbosa
Mestranda em Engenharia Agrícola
Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF
E-mail: mikellybarbosa1234@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5210-5566>

Angela Liriel Pereira Umbelino
Graduanda em Licenciatura em Ciências Biológicas
Universidade de Pernambuco - UPE
E-mail: angelaliriel13@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3520-6345>

RESUMO

No cultivo da mangueira nas condições climáticas do semiárido brasileiro, as plantas sofrem variações metabólicas devido aos estresses abióticos. O presente estudo teve como objetivo avaliar as trocas gasosas e as respostas bioquímicas da mangueira 'Tommy Atkins', sobre a aplicação de bioestimulantes à base de substâncias húmicas durante a fase fenológica de frutificação no Semiárido brasileiro. Os estudos foram realizados na fazenda Surubim, localizado no município de Petrolina – PE, sendo conduzidos de forma simultânea dois experimentos distintos, com aplicações de dois bioestimulantes via fertirrigação. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5, com dois ciclos produtivos (2021 e 2022), e cinco doses dos produtos: Sagersolo® (BST1): (0,0; 7,0; 14,0; 21,0 e 28,0 L ha⁻¹) e Fulvumin® (BST2): (0,0; 10,0; 20,0; 30,0 e 40,0 L ha⁻¹). Os tratamentos foram aplicados nos períodos de 60, 75, 90 e 105 dias após o pleno florescimento. Foram avaliados as trocas gasosas e respostas bioquímicas no tecido foliar. As doses do BST1 variando entre 17,5 e 23,0 L ha⁻¹, proporcionaram aumento máximo na condutância estomática e na concentração interna de CO₂ em comparação com o tratamento controle. Para o BST2, as doses entre 24,2 e 25,0 L ha⁻¹, favoreceram o aumento máximo na transpiração foliar e a assimilação de CO₂. Para ambos os BSTs, o aumento das doses durante a fase de frutificação promoveu redução linear nos teores de amido e aumento nos aminoácidos livres totais, proteínas e carboidratos solúveis totais nos tecidos foliares da mangueira 'Tommy Atkins'.

Palavras-chave: Carboidrato solúveis. Fotossíntese. Frutificação. *Mangifera indica* L. Substâncias húmicas.

1 INTRODUÇÃO

A produção de frutos da mangueira (*Mangifera indica L.*) apresenta grande expressão econômica para a agricultura brasileira (SIMÕES et al., 2021). A microrregião do Submédio do Vale do São Francisco responde por mais de 90% das exportações de mangas do Brasil, concentrando sua produção principalmente nos estados da Bahia 60% e Pernambuco 40% (DE OLIVEIRA et al., 2023).

Dentre as diversas cultivares de mangueira produzidos e comercializados no Semiárido brasileiro, a ‘Tommy Atkins’ destaca-se por apresentar alta versatilidade podendo ser comercializada *in natura*, ou processada industrialmente na forma de polpa, sucos, geleia, entre outros produtos (Veras, 2017). Para o Vale do São Francisco segundo Kist et al. (2019), a cultivar ‘Tommy Atkins’ ocupa cerca de 30% do total da área cultivada na região.

A região semiárida apresenta variações nos elementos climáticos, como altas temperaturas e baixa umidade do ar, o que torna um desafio para o manejo da mangueira durante a fase de frutificação, principalmente devido às possíveis perdas metabólicas em relação aos estresses abióticos. Estes fatores podem influenciar negativamente a fotossíntese e a produção de carboidratos nas plantas (Taiz et al., 2017), contribuindo assim, para a perda de produtividade, já que os frutos em desenvolvimento representam os principais drenos na translocação de fotoassimilados (Singh et al., 2017).

Como agentes integrantes dos sistemas de produção e mitigador dos efeitos do estresse abiótico, o uso de bioestimulantes à base de substâncias húmicas (SHs) pode regular eventos fisiológicos nas plantas e aumentar a produtividade (El-Hoseiny et al., 2020). Toda via, a utilização das SHs em frutíferas tem sido amplamente estudada, e seus efeitos têm sido bem elucidados (Andreotti et al., 2022). De acordo com o trabalho de El-Hoseiny et al. (2020), resultados evidenciaram que aplicação de ácidos húmicos promoveram melhorias na fertilidade das gemas e aumento do peso dos frutos em mangueiras.

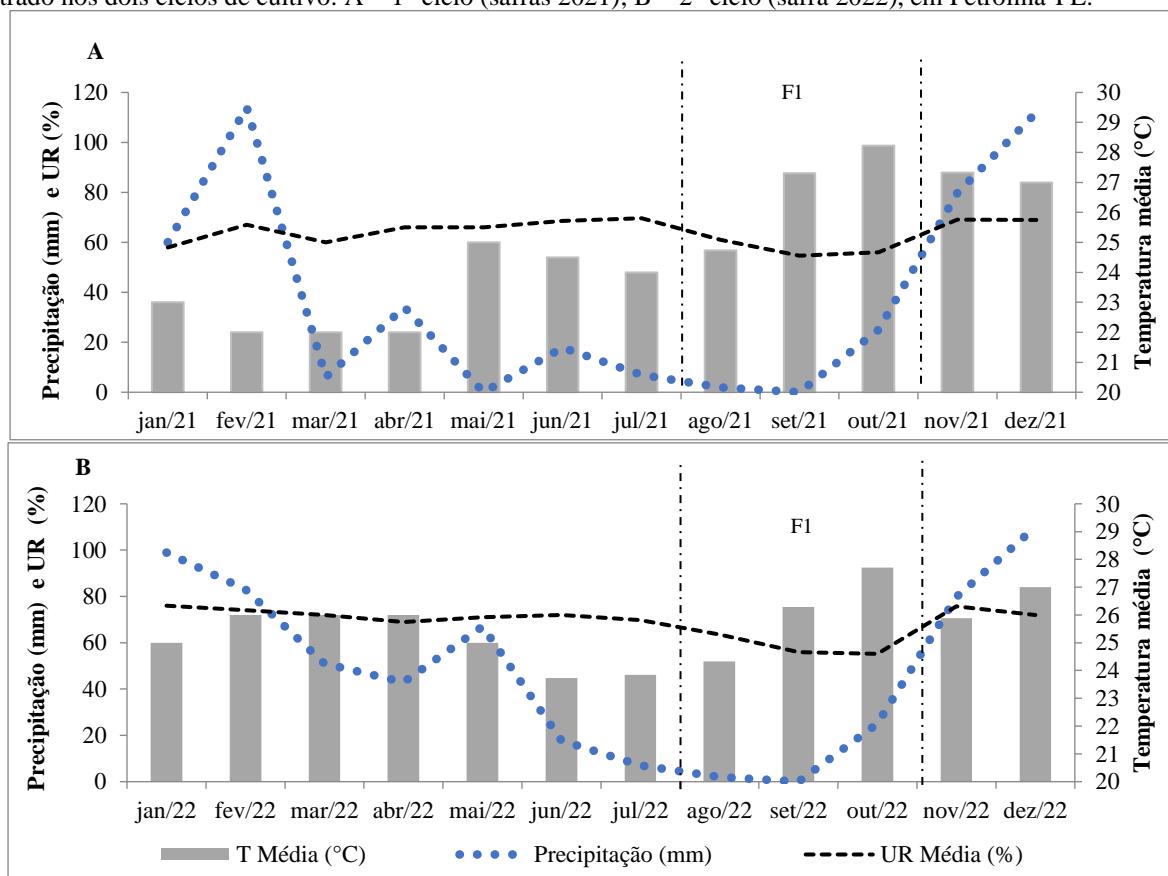
Desta forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar as trocas gasosas e as respostas bioquímicas no tecido foliar da mangueira ‘Tommy Atkins’, em função da aplicação de bioestimulantes à base de substâncias húmicas durante a fase fenológica de frutificação no Semiárido brasileiro.

2 METODOLOGIA

O trabalho foi conduzido num pomar comercial de mangueira ‘Tommy Atkins’ da fazenda Surubim, localizada no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, cidade de Petrolina – PE, com as coordenadas geográficas de 9° 14' 42" S de latitude, 40° 27' 40" W de longitude, a uma altitude de 402 m acima do nível do mar.

O clima da região, de acordo com a classificação de Koopen é BSh, caracterizada como semiárida apresenta temperatura média anual de 26,0 °C e precipitação média anual de 500 mm, concentradas entre os meses de janeiro a abril, e umidade relativa do ar de aproximadamente 66% (Leão et al., 2020). Os dados meteorológicos referentes aos dois ciclos produtivos deste trabalho (2021 e 2022), foram registrados em uma estação meteorológica automática instalada próximo à fazenda (Figura 1).

Figura 1. Dados médios mensais de precipitação acumulada, umidade relativa do ar – UR, temperatura média do ar, registrado nos dois ciclos de cultivo: A – 1º ciclo (safras 2021); B – 2º ciclo (safras 2022), em Petrolina-PE.



Fonte: Elaborado pelos autores. F1: Fase de crescimento dos frutos e aplicação dos tratamentos.

Para condução experimental foi utilizado um pomar com 20 anos de plantio, com espaçamento 10 x 5 m. A irrigação foi realizada pelo método localizada, com um microaspersor por planta (vazão de 100 L h⁻¹). Em cada ciclo, após o período de indução floral foi feita a caracterização da fertilidade da área experimental, coletando-se amostras de solo nas camadas de 0 a 20, e de 20 a 40 cm. As amostras foram submetidas ao Laboratório de Solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA Semiárido, para análises químicas, cujos resultados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Análises químicas do solo da área experimental com a mangueira ‘Tommy Atkins’, antes dos ciclos produtivo, 2021 e 2022

Camada	pH 1:2,5	C.E. (25°C)	Macronutrientes					Micronutrientes				
			K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	P	Cu ²⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺
Cm	(H ₂ O)	dS.m ⁻¹	----- cmol _c .dm ⁻³ -----	-----	-----	-----	-----	----- mg.dm ⁻³ -----	-----	-----	-----	-----
1° ciclo (Safra 2021)												
0 - 20	5,80	0,52	0,34	0,04	3,94	0,51	19,18	48,1	12,4	37,3	26,5	22,8
20 - 40	6,00	0,46	0,37	0,03	3,38	0,44	16,12	43,7	11,9	41,2	23,6	19,5
2° ciclo (Safra 2022)												
0 - 20	6,10	0,59	0,28	0,01	3,84	0,41	16,58	51,1	9,4	38,0	29,3	22,2
20 - 40	6,25	0,44	0,33	0,01	2,18	0,34	15,18	46,8	4,9	39,4	26,7	18,3

pH = potencial de hidrogênio; CE= condutividade elétrica do extrato de saturação; K= potássio trocável; Na= sódio trocável; Ca= cálcio trocável; Mg= magnésio trocável; S = enxofre trocável P= fósforo disponível extraído por Mehlich; Cu= cobre trocável; Fe= ferro trocável; Mn= manganês trocável; Zn= zinco trocável; e B = boro.

O manejo da irrigação foi realizado com base nos dados climáticos, obtidos de uma estação meteorológica instalada próxima à área experimental. Para a aplicação das lâminas de irrigação foram realizados cálculos diários de Evapotranspiração de referência (ET₀) utilizando o método de Penman-Monteith, parametrizado pela Food and Agriculture Organization (FAO), (Allen et al., 1998). A ET_c foi obtida por meio do produto da ET₀ e o coeficiente de cultura (K_c). O K_c utilizado para o período estudado foi igual a 1, conforme determinado por Teixeira et al. (2008) para ‘Tommy Atkins’.

Os demais manejos executados ao decorrer do experimento, foram os mesmos utilizados para todas as áreas de produção da fazenda: poda após a colheita, adubação mineral, aplicação de PBZ, indução floral, poda de controle de sombreamento, conforme recomendação de Mouco (2015), e controle de plantas espontâneas, pragas, patógenos e doenças (nível de danos econômico), seguindo as normas técnicas da Produção Integrada de Manga definidas por Lopes et al., 2003.

Os estudos foram realizados a partir de dois experimentos, conduzidos de formas distintas e simultâneos, com a aplicação dos bioestimulantes (BSTs) na fase de frutificação. Os delineamentos experimentais foram em blocos casualizados, em esquema fatorial (2 x 5), com dois ciclos de cultivo (2021 e 2022), e cinco doses dos produtos: Sagersolo® (BST1): (0,0; 7,0; 14,0; 21,0 e 28,0 L ha⁻¹) e Fulvumin® (BST2): (0,0; 10,0; 20,0; 30,0 e 40,0 L ha⁻¹). Foram utilizados quatro blocos. Os produtos testados eram compostos de matéria orgânica estabilizada, cujos princípios ativos descritos pelos fabricantes estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2. Descrições dos componentes ativos dos produtos comerciais Sagersolo® (BST1) e Fulvumin® (BST2)

Produto comercial	Ingrediente ativo do bioestimulante	Elementos adicionais (g L^{-1})
BST1	Ácidos Húmicos totais 150 (g L^{-1}); Ácidos Fúlvicos 75 (g L^{-1}); 10% de Poliflavonóides; 5% de Compostos Salicílicos e 10% de Aminoácido.	K ₂ O 120,0 (g L^{-1}); Ca 180,0 (g L^{-1}); S 90,0 (g L^{-1}); B 15,0 (g L^{-1}); Mo 1,5 (g L^{-1}); Zn 30,0 (g L^{-1})
BST2	Carbono total solúvel 180,2 (g L^{-1}), Aminoácido, Ligno-sulfonado, Leonardita, Turfa	N 36,7 (g L^{-1}) Nitrogênio solúvel em água; N 36,7 (g L^{-1}) Nitrogênio na forma orgânica.

Fonte: Dados fornecidos nos rótulos dos produtos comerciais.

Os bioestimulantes foram aplicados via sistema de irrigação, utilizando um sistema montado com tubos de PVC (pulmões), no qual a solução diluída entrava no sistema por diferença de pressão (Oliveira et al., 2022). As doses foram divididas em quatro períodos de 60, 75, 90 e 105 dias após o pleno florescimento da mangueira 'Tommy Atkins' em ambos os ciclos produtivos.

As determinações das trocas gasosas da mangueira 'Tommy Atkins' foram realizadas após 5 dias da última aplicação dos bioestimulantes, utilizado analisador portátil IRGA (Infra Red Gas Analyser – Modelo Li 6400 Licor®), com a irradiação fôtons [1500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$], sendo realizando as leituras entre as 9 e 11h da manhã, em duas folhas completamente expandidas e maduras, com boa sanidade e expostas ao sol, localizadas no terço médio das plantas, (Fernandes et al., 2021). Foram determinando a taxa de assimilação CO₂ (A ; $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO₂ (C_i ; $\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (gs ; mol de H₂O $\text{m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração foliar (E ; mmol de H₂O $\text{m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Amostras para análises bioquímicas no tecido foliar, foram coletadas após 5 dias da última aplicação do bioestimulante, coletando-se 4 folhas por unidade amostral, originadas a partir do último fluxo vegetativo, na altura mediana da copa da mangueira. Em seguida, as amostras foram envolvidas em papel alumínio, mergulhadas em nitrogênio líquido e acondicionadas em sacos plásticos e armazenados em caixa térmica contendo gelo. Posteriormente foram levadas para laboratório de Citologia e fisiologia da UNIVASF - Campus Juazeiro –BA.

Quantificou-se os teores: aminoácidos livres totais (AAT em $\mu\text{mol g}^{-1}$), seguindo a metodologia descrita por Yemm et al. (1955); proteínas solúveis totais (PST em mg mL^{-1}), de acordo com Bradford. (1976); carboidrato solúvel total (CST em mg g^{-1}) e Amido (mg g^{-1}), seguindo a metodologia descrita por Dubois et al. (1956). Todas as variáveis foram determinadas em relação à massa fresca foliar (MF), após a obtenção da curva padrão para cada substância, considerando seus respectivos comprimentos de onda (nm), utilizando o espectrofotômetro.

As análises de variância dos dados foram realizadas separadas para cada experimento, com as dosagens do Sagersolo® e do Fulvumin®, com aplicação do teste F a $p < 0,05$. Nas variáveis com

resultados significativos para ciclos, às médias foram submetidas ao teste de Tukey a 5%. Os resultados quando significativos para doses foram submetidos a análises de regressão. As análises foram realizadas com uso do programa Sisvar - versão 5.6 (Ferreira, 2017).

3 RESULTADOS DISCUSSÃO

Com base nos resultados da análise de variância obtidos para o experimento em função do bioestimulante Sagersolo® (BST1), (Tabela 3), não foi observado interação significativa ($F<0,05$ de probabilidade) entre as doses e ciclos produtivos para as trocas gasosas. No entanto, foram encontrados efeitos significativos entre as doses aplicadas em todas as variáveis estudadas, exceto a transpiração foliar (E). Além disso, houve diferença significativa entre os ciclos produtivos para as variáveis taxa de assimilação de CO_2 (A), concentração interna de CO_2 (Ci), (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para taxa de assimilação CO_2 (A), condutância estomática (gs), concentração interna de CO_2 (Ci), transpiração foliar (E) nos tecidos foliares da mangueira ‘Tommy Atkins’ submetida a doses dos bioestimulantes Sagersolos® (BST1) e Fulvumin® (BST2). Petrolina – PE, 2021 e 2022

FV	GL	Teste F			
		A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	gs ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Ci ($\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
BST1					
Blocos	3	1,04	0,003	152,55	0,09
Doses (D)	4	11,26**	0,023**	2554,72*	0,08 ^{ns}
Ciclos (C)	1	29,07**	0,002 ^{ns}	3385,94**	0,05 ^{ns}
(D)*(C)	4	0,20 ^{ns}	0,002 ^{ns}	484,07 ^{ns}	0,20 ^{ns}
Erro	27	2,00	0,001	348,78	0,06
CV – (%)		13,35	12,74	8,62	11,92
BST2					
Blocos	3	4,93	0,0005	79,47	0,11
Doses (D)	4	9,00*	0,0017 ^{ns}	527,65 ^{ns}	0,98**
Ciclos (C)	1	21,66**	0,0006 ^{ns}	268,63 ^{ns}	0,72*
(D)*(C)	4	1,46 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	151,10 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Erro	27	2,03	0,0004	199,04	0,05
CV – (%)		14,64	13,77	6,89	8,82

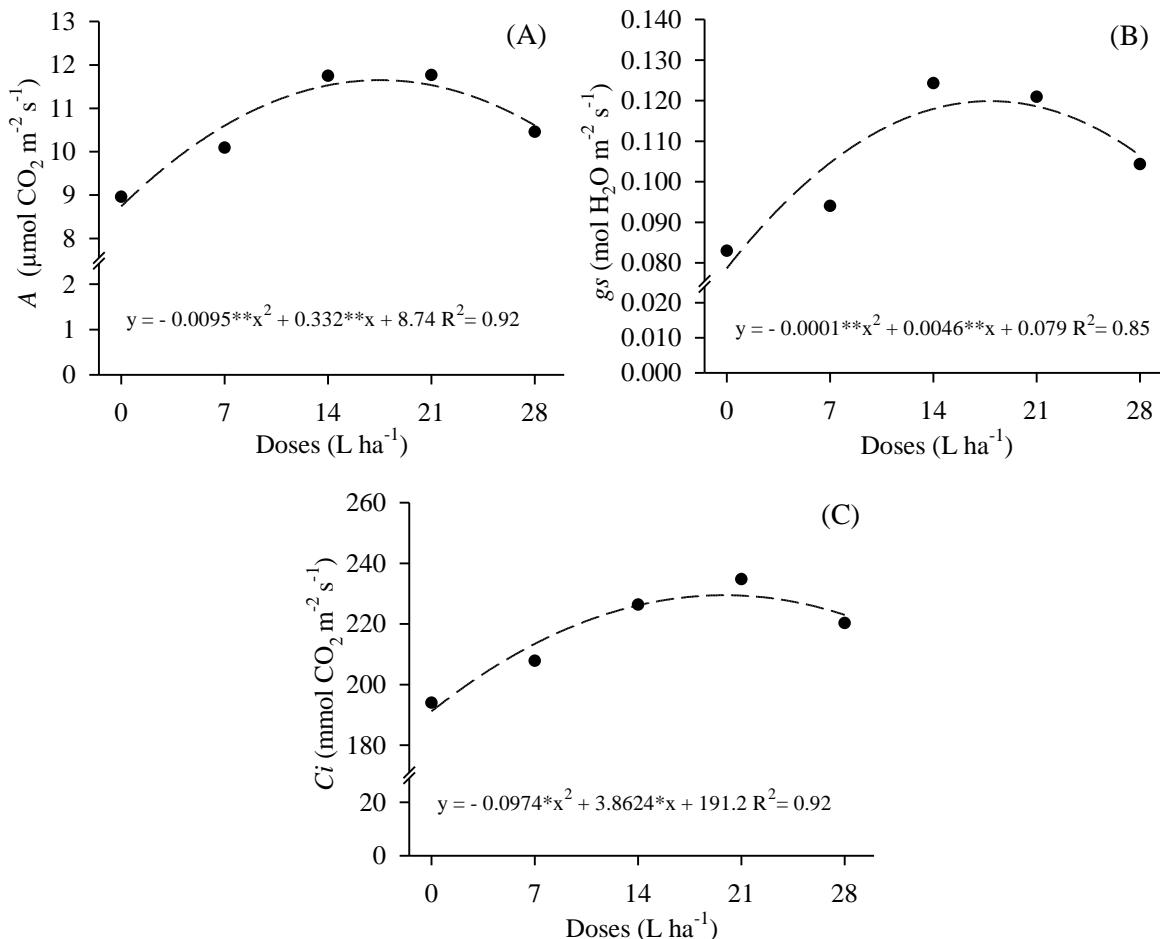
Fonte: Elaborado pelos autores. FV: fonte de variância; LG: graus de liberdade; CV %: coeficiente de variância; valores seguidos (**): significante ($p<0,01$); (*): significante ($p<0,05$); (^{ns}): não significativo ($p>0,05$) teste F.

Para o experimento com a aplicação do bioestimulante Fulvumin® (BST2), não houve interação entre doses e ciclos produtivos. No entanto, constatou-se efeito significativo das doses isoladas para A e E . Além disso, foi verificada uma resposta distinta em relação aos ciclos para a A conforme apresentado na Tabela 3.

Ao analisar a assimilação do CO_2 e condutância estomática nas folhas da mangueira ‘Tommy Atkins’ (Figura 2A e 2B), constataram-se efeitos significativos das doses aplicadas em função dos tratamentos com produto BST1. Os maiores valores observados foram de $11,6 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para

A e 0,131 mol de $H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$ para a gs , correspondentes às doses de 17,5 e 23,0 $L\ ha^{-1}$, respectivamente.

Figura 2. Taxa de assimilação $CO_2 - A$ (A), condutância estomática - gs (B) e concentração interna de $CO_2 - Ci$ (C) em mangueira 'Tommy Atkins', submetido a doses do bioestimulante Sagersolo® (BST1).



Fonte: Elaborado pelos autores. Equações seguidas: (**) significativas em $p < \hat{y} 0,01$ e (*) significativas em $p < \hat{y} 0,05$ ao teste F.

Neste contexto, o aumento das doses do BST1 até o limite de 17,5 $L\ ha^{-1}$ promoveu aumento da fotossíntese no primeiro experimento, (Figura 2A), com correlação positiva para os incrementos da condutância estomática (Figura 2B) e concentração interna (Figura 2C). Dessa forma, foi possível verificar que a tendência de maximização das três variáveis estudadas ocorreu com a concentração estimada de substâncias húmidas na dose de 17,5 $L\ ha^{-1}$ para A .

Nesse sentido para a mesma região do Semiárido brasileiro, Simões et al. (2021), ao avaliarem as trocas gasosas da mangueira 'Tommy Atkins' sob diferentes arranjos do sistema de irrigação, observaram que o tratamento com maior taxa de transpiração ($3,50\ mmol\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$) condicionou um aumento significativo na fotossíntese devido ao fluxo difusivo de vapor de água e de CO_2 pelo poro estomático. Tendências similares a esses foram observados neste trabalho (Figura 2, A e B).

De acordo com o modelo proposto por Shah et al. (2018), as (SHs) podem regulam positivamente os genes envolvidos no ciclo de Calvin, como os que codificam para ribuloso-1,5-bifosfato carboxilase (RUBPCs); gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase (G3PdHs); glicose-1-fosfato adeniltransferase (GPATs), aumentando assim a atividade fotossintética, e consequentemente promovem aumento dos níveis, dos teores de amido nas folhas.

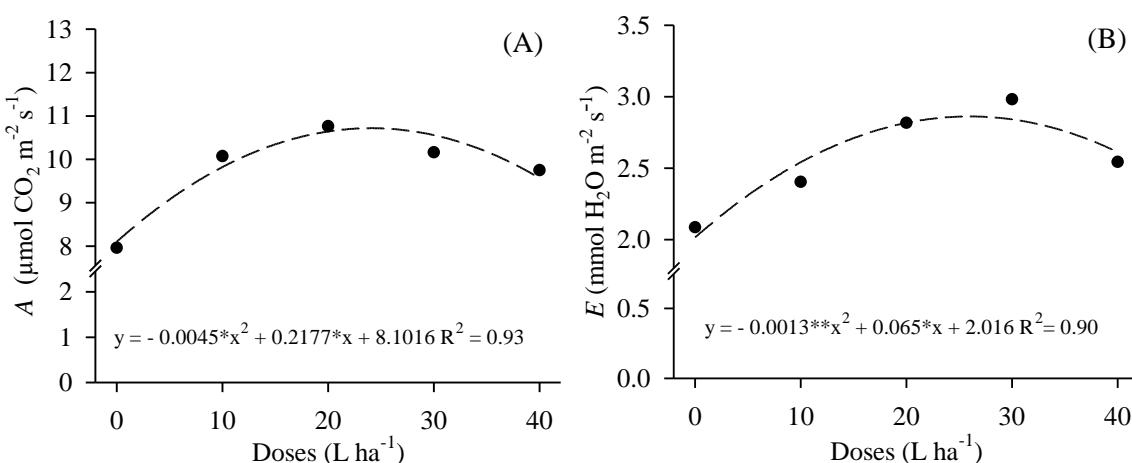
Para a concentração interna CO₂ nas folhas da mangueira 'Tommy Atkins' constatou-se efeitos significativos das doses aplicadas em função dos tratamentos com o BST1. O maior valor observado foi de 229,5 mmol CO₂ m⁻² s⁻¹ para *Ci*, correspondente à dose de 20 L ha⁻¹ (Figura 2.C). Possíveis explicações para tais respostas seria à melhoria de uma série de eventos fisiológicos das plantas influenciadores da atividade fotossintética como melhor atividade da rubisco, melhoria na disponibilidade de água para o transporte de elétrons e produção de NADPH e ATP, entre outros fatores (Taiz et al., 2017).

Outra possível explicação para aumento a concentração interna CO₂ nas folhas da mangueira 'Tommy Atkins' pode esta associada apresença de aminoacidos presente no BST1. Segundo descrito por Mudo et al. (2020), ao avaliar as trocas gasosas da mangueira 'Tommy Atkins' em condições do Semiárido brasileiro em resposta a diferentes doses do Bioestimulante Bulk (Alltech®), constituído de aminoácidos, observaram que os tratamentos com maior concentração de aminoácidos resultaram em maior condutância estomática também apresentaram maiores taxas de assimilação de CO₂.

Diante dos resultados obtidos, é possível destacar, que a elevada concentração interna de CO₂ nas folhas tende a favorecer o processo de fotossíntese (Taiz et al., 2017), o que corrobora com os achados em relação aos efeitos do bioestimulante Sagersolo® (BST1) nos parâmetros fisiológicos da mangueira 'Tommy Atkins' quando aplicada na fase fenológica de frutificação.

Para o experimento com BST2, quando avaliado a influência das doses isoladas em relação as trocas gasosas da 'Tommy Atkins' (Figura 3A e 3B), registrou-se incremento na taxa de assimilação de CO₂ e transpiração foliar em função do aumento da dose do Fulvumin® quando feita comparação com o tratamento controle. Os maiores valores observados foram 10,7 µmol CO₂ m⁻² s⁻¹ para *A* e 2,8 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ para *E*, correspondentes às doses de 24,2 e 25,0 L ha⁻¹, respectivamente. Houve incrementos de 25,3% na fotossíntese e 28% na transpiração foliar quando comparado com os tratamentos testemunhas.

Figura 3. Taxa de assimilação CO₂ - A (A), transpiração foliar - E (B), em mangueira ‘Tommy Atkins’, submetida a doses do bioestimulante Fulvumin® (BST2).



Fonte: Elaborado pelos autores. Equações seguidas: (**) significativas em $p < \hat{y} 0,01$ e (*) significativas em $p < \hat{y} 0,05$ ao teste F.

O incremento de 28% na taxa de transpiração foliar no experimento com BST2 em relação ao tratamento controle (Figura 3B), indica maior eficiência quanto ao fluxo de água pelos poros estomáticos em função de uma maior fornecimento e disponibilidade das substâncias contidas no bioestimulante a base de compostos húmicos da fonte Fulvumin®.

Este fenômeno provavelmente atuou como agente mitigador de um possível estresse causado nas plantas de mangueiras devido às altas temperaturas e à baixa umidade do ar incidentes na região durante o período de estudo (Figura 1). Essas condições tendem a aumentar velocidade de transporte de água da raiz para parte aérea e resultar numa maior perda de água das folhas para o ambiente devido à aumento do déficit hídrico e redução da camada limítrofe nas folhas segundo (Taiz et al., 2017).

Olk et al. (2018) verificaram que, o acúmulo de substâncias húmicas no solo pode se tornar um mecanismo de resposta primário em plantas sob condições de estresse abiótico. Segundo Jannin et al. (2012), os receptores na membrana celular vegetal podem detectar as SHs, aumentando as concentrações intracelulares de NO⁻, H₂O₂ e H₂S, ativando mecanismos genéticos como modificações pós traducionais e pós transcricionais determinadas pela regulação da expressão gênica. O que podem desencadear vários mecanismos homeostáticos na célula vegetal, entre eles o aceleração da taxa de assimilação do CO₂ (Orsi, 2014).

Contudo, é possível inferir que a superioridade da fotossíntese assim como a condutância estomática (Figura 3A e 3B), para mangueira ‘Tommy Atkins’ com o incremento (4,3 e 4,5 kg carbono orgânico total) presentes nas doses estimadas (24,2 e 25,0 L ha⁻¹) do BST2, pode ter potencializado os processos fisiológicos das plantas de mangueiras.

Com base nos resultados da análise de variância obtidos para os teores bioquímico do experimento com aplicação do BST1 (Tabela 4), constataram-se efeitos significativos (1% de probabilidade do teste F) em função das doses aplicadas e dos ciclos estudados para todas as variáveis analisadas: aminoácidos livres totais (*AAT*), proteínas solúveis totais (*PST*), carboidratos solúveis totais (*CST*) e Amido, no tecido foliar em mangueira 'Tommy Atkins'.

Considerando o experimento com a aplicação do BST2, não houve interação entre doses e ciclos produtivos. Porém, constatou-se efeito significativo a ($p < 0,01$) para as doses aplicadas em função das variáveis: aminoácidos livres totais (*AAT*), proteínas solúveis totais (*PST*), carboidratos solúveis totais (*CST*) e Amido. Assim como, foram verificadas respostas distintas em relação aos ciclos para todas as variáveis bioquímicas (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para aminoácidos livres totais (*AAT*), proteínas solúveis totais (*PST*), carboidratos solúveis totais (*CST*) e Amido, na massa fresca (MF) do tecido foliar em mangueira 'Tommy Atkins' submetida a doses dos bioestimulantes Sagersolo® (BST1) e Fulvumin® (BST2). Petrolina – PE, 2021 e 2022

FV	GL	Teste F			
		<i>AAT</i> ($\mu\text{mol g}^{-1}$ MF)	<i>PST</i> (mg mL^{-1} MF)	<i>CST</i> (mg g^{-1} MF)	Amido (mg g^{-1} MF)
BST1					
Blocos	3	0,06	0,001	1,61	0,01
Doses (D)	4	5,34**	0,116**	46,65**	2,47**
Ciclos (C)	1	1,62**	0,075**	22,65**	2,49**
(D)*(C)	4	0,09 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,52	0,02 ^{ns}
Erro	27	0,06	0,001	0,95	0,05
CV – (%)		7,87	6,42	9,61	8,12
BST2					
Blocos	3	0,16	0,008	0,48	0,09
Doses (D)	4	4,43**	0,056**	39,59**	4,39**
Ciclos (C)	1	3,58**	0,045**	22,17**	2,30**
(D)*(C)	4	0,08 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Erro	27	0,06	0,009	0,96	0,09
CV – (%)		10,02	8,34	10,51	13,62

Fonte: Elaborado pelos autores. FV: fonte de variância; LG: graus de liberdade; CV %: coeficiente de variância; valores seguidos (**): significante ($p < 0,01$); (*) : significante ($p < 0,05$); (ns): não significativo ($p > 0,05$) teste F. MF: massa fresca;

Ao avaliar os teores de aminoácidos livres totais (*AAT*) e proteínas solúveis totais (*PST*) no tecido foliar da mangueira 'Tommy Atkins' no experimento com BST1 (Figura 4), constatou-se uma correlação positiva entre o aumento das doses de Sagersolo® e essas variáveis. Foram registrados 3,9 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF de *AAT* para a dose estimada de 20,1 L ha⁻¹ e 0,75 mg mL⁻¹ de *PST* para a dose de 28 L ha⁻¹, proporcionando aumento nos teores de aminoácidos e proteínas solúveis, em relação ao tratamento controle.

Durante a fase de frutificação da 'Tommy Atkins', o aumento nos teores de aminoácidos totais em relação à testemunha pode ter sido influenciado pelas aplicações do BST1, considerando que na

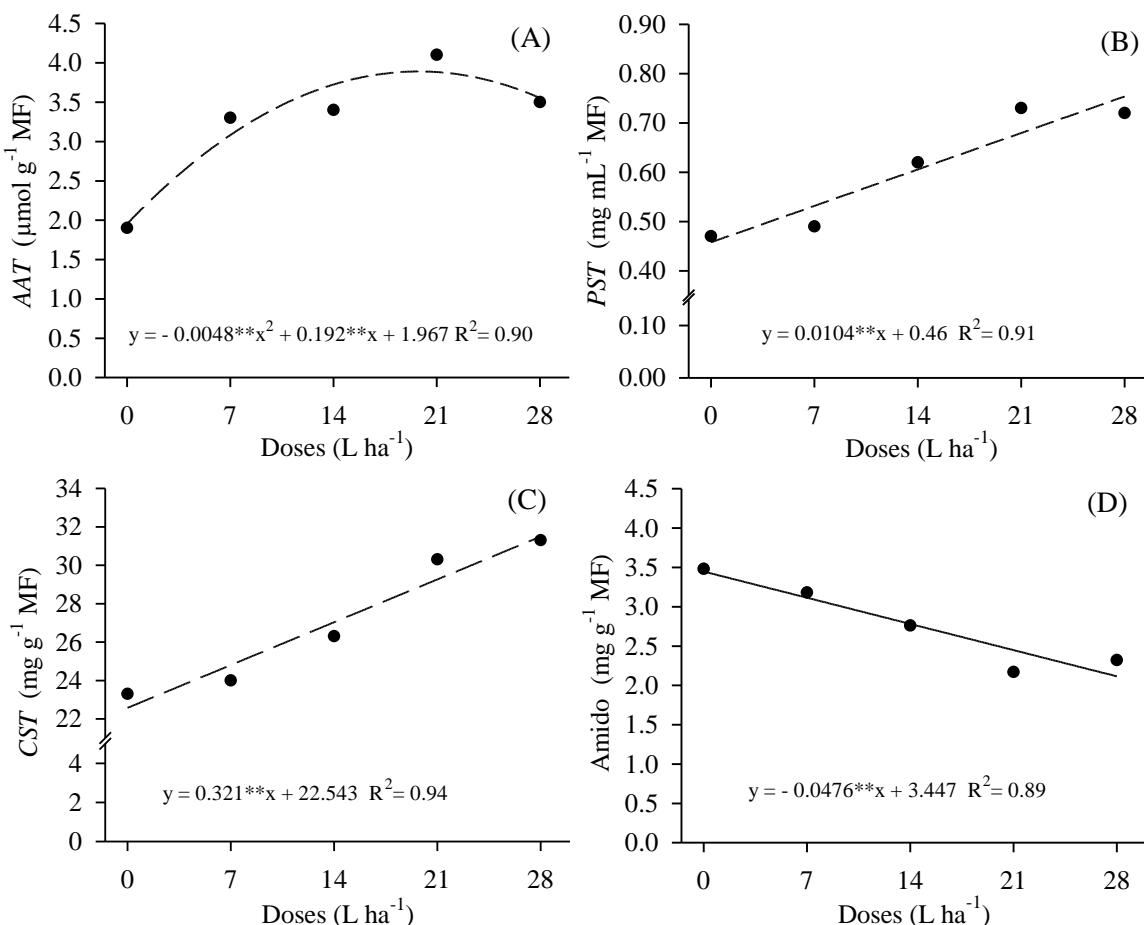
sua composição contendo 10% de aminoácidos. Importante destacar que, nessa fase, com trato cultura recomendado, deve ser feita a aplicação de nitrogênio (na forma de nitrato), uma prática comum durante o manejo da cultura na região em estudo, podendo assim, ser considerado um fator somatório do aumento de biossíntese aminoácido pelo fornecimento de nitrogênio associado a disponibilidade de aminoácidos através da aplicação do produto.

O processo de assimilação do nitrato ativa a formação da enzima nitrato redutase (Anusuya et al., 2018), que por vezes atua na produção de aminoácidos livres totais (Sudha et al., 2012; Sanches et al., 2023), os quais desempenham papel central na síntese de proteínas e na regulação do metabolismo das plantas de forma geral. Portanto, é possível que o aumento nos níveis de *AAT* nos tecidos foliares (Figura 4A) tenha exercido uma influência positiva na capacidade das plantas de produzirem *PST* (Figura 4B) em resposta a condições de maior demanda no transporte de fotoassimilados durante a fase de frutificação da mangueira 'Tommy Atkins'.

No estudo de Silva et al. (2020b), realizado no Semiárido brasileiro, foi avaliada a aplicação do bioestimulante Bulk da Alltech® na cultivar 'Tommy Atkins'. Esse bioestimulante contém 12% de KCl, 9,87% de substâncias húmidas (SHs) e 20% de aminoácidos. Os resultados mostraram concentrações de aminoácidos livres totais entre 130 a 150 $\mu\text{mol g}^{-1}$ de massa fresca (MF) nos tecidos foliares na fase vegetativa. Esses valores são superiores aos encontrados no presente estudo, que mostrou uma concentração foliar de 3,9 $\mu\text{mol g}^{-1}$ de MF. Isso sugere que, na fase avaliada 115 dias após o pleno florescimento, os aminoácidos foram utilizados no processo fisiológico de nutrição dos frutos.

Quanto aos teores de carboidratos no tecido foliar com aplicação do BST1, foi encontrado como maior representatividade dos resultados ao ajuste de equação linear crescente para carboidratos solúveis totais (CST) em relação às doses do Sargesolo®. O maior teor CST de 31,6 mg g^{-1} MF observado para a dose 28,0 L ha^{-1} , representando um aumento de 15% em relação à testemunha. No entanto, em relação ao amido (Figura 4D), verificou-se um decréscimo linear nos teores foliares, com o menor valor registrado de 2,11 mg g^{-1} MF para dose 28,0 L ha^{-1} . Isso representa uma diminuição de quantos 40% e relação a testemunha.

Figura 4. Aminoácidos livres totais - *AAT* (A), proteínas solúveis totais - *PST*, (B), carboidratos solúveis totais - *CST* (C), e Amido (D), em mangueira 'Tommy Atkins', submetido as doses do bioestimulante Sagersolo® (BST1).



Fonte: Elaborado pelos autores. Equações seguidas: (**) significativas em $p < \hat{y} 0,01$ e (*) significativas em $p < \hat{y} 0,05$ ao teste F.

Embora a relação entre as substâncias húmicas, aminoácidos no solo e os níveis de carboidratos nas plantas seja um processo complexo, o fato do BST1 conter: 150 g L⁻¹ de Ácidos húmicos totais, 75 g L⁻¹ de Ácidos Fúlvicos, 10% de Poliflavonóides, 5% de Compostos Salicílicos e 10% de aminoácidos, pode ter contribuído para a eficiência no transporte dos carboidratos, influenciando a redução do amido e o aumento dos carboidratos solúveis totais nas folhas da mangueira durante a fase de frutificação da 'Tommy Atkins'. Nessa perspectiva, Tanou et al. (2017) afirmam que o aumento do crescimento e rendimento das árvores frutíferas com o uso de bioestimulantes tem sido associado à modulação em diferentes substâncias e espécies frutíferas.

Respostas convergentes com a redução do teor de amido, como observadas neste presente estudo, foram também relatadas por Silva et al. (2020b), ao determinar os padrões bioquímicos no tecido foliar da 'Tommy Atkins' com a aplicação de um bioestimulante (Bulk da Alltech®), que contém 12% de KCl, 9,87% de (SH) e 20% de aminoácidos, em diferentes períodos da fase vegetativa, nas condições do Semiárido do Brasil. Os autores supracitados observaram que os teores de amido foliar

diminuíram com o tempo, independentemente do tratamento, e que na penúltima coleta houve uma redução significativa dos teores de amido e aumento dos valores médios nos teores de carboidratos solúveis totais nos tecidos foliares da mangueira na fase de floração.

Nesse contexto, a observação de que a dose aplicada de 28 L ha⁻¹ do BST1 resultou em maior teor de *CST* a um nível de 31,1 mg g⁻¹ MF e um menor teor de amido de 2,11 mg g⁻¹ MF (Figura 4C), sinaliza uma possível melhoria no metabolismo das plantas de mangueira em relação à eficiência na alocação de carboidratos para desenvolvimento dos frutos, quando comparada ao tratamento controle.

O amido, produzido nos cloroplastos nas folhas, é mobilizado e convertido em açúcares solúveis, como glicose, frutose, sacarose entre outros, por meio de processos de hidrólise enzimática (Vieira et al., 2010). Os autores ressaltam que a redução no teor de amido nos tecidos foliares durante a fase de frutificação está diretamente relacionada à necessidade de fornecer energia e biossíntese de outros compostos orgânicos para o desenvolvimento dos frutos devido à relação fonte e dreno. Os frutos em desenvolvimento na fase de produção das plantas, são os principais drenos das plantas, embora não sejam os únicos, e, portanto, a translocação eficiente de fotoassimilados é crucial (Singh et al., 2017).

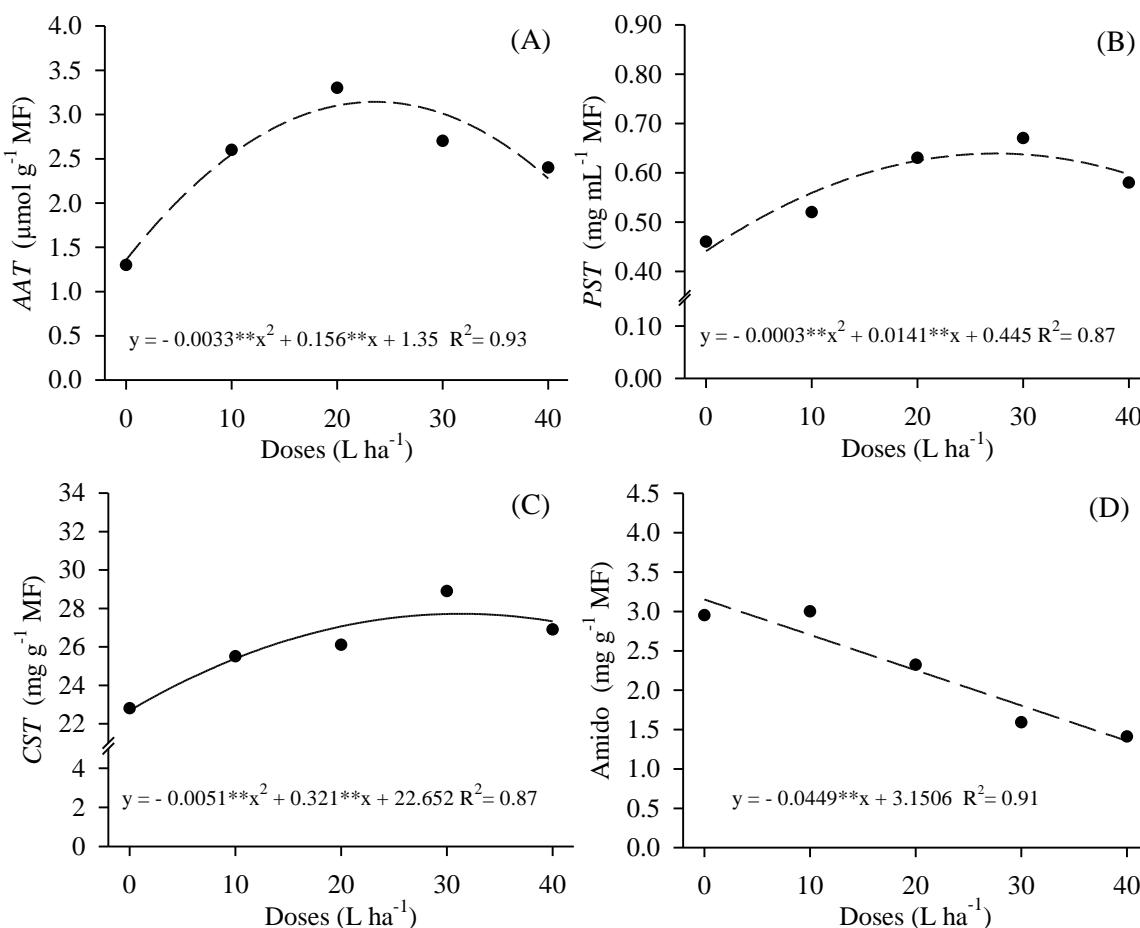
Para o experimento com BST2, em relação aos teores dos *AAT* e as *PST* presente no tecido foliar (Figura 5A e 5B). De acordo com os resultados, verificaram-se efeitos significativos ($F < 0.01$) para doses aplicadas em ambas as variáveis, sendo o ponto de máxima 3,2 µmol g⁻¹ MF de aminoácidos livres totais, observado com a dose estimada de 23,3 L ha⁻¹, enquanto o ponto de máxima 0,61 mg mL⁻¹ MF proteínas solúveis totais foi observado com dose estimada de 23,5 L ha⁻¹.

Todavia, esse aumento dos *AAT* nos tecidos foliares da mangueira 'Tommy', provavelmente foi influenciada pela quantidade de nitrogênio presente na dose estimada de 23,3 L ha⁻¹ no BST2. Importante ressaltar que nessa fase de frutificação, a aplicação de Nitrogênio é comum no manejo da cultura para região do Semiárido nordestino. Esse condicionante pode ter proporcionado aumento da biossíntese de aminoácidos em função da atenuação do estresse nas plantas de mangueira, fenômeno também verificado por Helaly et al. (2017) ao estudar quatro variedade de manga e ratificado por Silva et al. (2020b) para 'Tommy Atkins' na fase vegetativa.

Estabelecer uma correlação entre os níveis de aminoácidos e proteínas, nos tecidos foliares, associado às substâncias encontradas no composto a base de substâncias húmicas do solo, é altamente complexa. No entanto, o incremento de 0,15 mg mL⁻¹ os teores de *PST* nas folhas da 'Tommy Atkins' na fase de frutificação em relação à testemunha (Figura 5B), possivelmente está relacionado ao aumento na biossíntese dos aminoácidos livres totais (Figura 5A) devido à aplicação do BST2.

Seguindo o modelo proposto por Shah et al. (2018), os receptores na membrana celular das plantas detectam (SH) na rizosfera, o que induz a produção de ácido indolil-3-acético (IAA), elevando a concentração de NO_3^- nas células radiculares. Os mesmos autores ressaltaram que essa via bioquímica ativa a geração de alcaloides, os quais regulam positivamente o transportador de nitrato (NO_3^-) maximizando a assimilação de nitrogênio. Isso pode ter favorecido a melhoria da relação entre o aumento dos teores *AAT* e dos *PST* na fase de frutificação da mangueira.

Figura 5. Aminoácidos livres totais - *AAT* (A), proteínas solúveis totais - *PST* (B), carboidratos solúveis totais - *CST* (C), e Amido (D), em mangueira ‘Tommy Atkins’ submetido a doses do bioestimulante Fulvumin® (BST2).



Fonte: Elaborado pelos autores. Equações seguidas: (**) significativas em $p < 0,01$ e (*) significativas em $p < 0,05$ ao teste F.

Com aplicação do produto BST2 identificou-se melhores respostas na produção e partição dos carboidratos no tecido foliar da mangueira ‘Tommy Atkins’ em função do aumento da dose, com o maior teor de carboidratos solúveis totais de $27,7 \text{ mg g}^{-1}$ MF, observado para a dose $31,5 \text{ L ha}^{-1}$, estimada pela equação quadrática com $R^2 = 0,87$, (Figura 5C).

Todavia, houve uma redução linear no teor de amido em função do aumento das doses do BST2, quando comparado com o tratamento controle, sendo o menor valor observado de $1,3 \text{ mg g}^{-1}$

MF para a maior dose estudada de 40,0 L ha⁻¹ (Figura 5D). Essa resposta pode estar ligada ao fato de que, durante a fase de frutificação estudada, 105 dias após o pleno florescimento da mangueira, a demanda energética da planta aumenta significativamente. Segundo Vieira et al. (2010), a redução de amido nos tecidos foliares dos vegetais durante a fase de frutificação está diretamente relacionada à necessidade de fornecer energia para o desenvolvimento dos frutos pela relação fonte e dreno.

Quando avaliada a aplicação do produto BST1 na fase de frutificação para os ciclos produtivos de 2021 e 2022, constatou-se que o segundo ciclo registrou valores médios: A 11,45 µmol CO₂ m⁻² s⁻¹; Ci 231,12 mmol CO₂ m⁻² s⁻¹. Esses resultados foram significativamente superiores em comparação com o primeiro ciclo. Já em relação as variáveis bioquímicas, todos os parâmetros apresentaram médias superiores com 5% de probabilidade, de acordo com o teste Tukey, para o primeiro ciclo em comparação com o segundo ciclo (Tabela 5).

Tabela 5. Concentrações foliares: taxa de assimilação CO₂ (A); condutância estomática (gs); concentração interna de CO₂ (Ci); transpiração (E); aminoácidos livres totais (AAT); proteínas solúveis totais (PST), carboidratos solúveis totais (CST) e Amido, em mangueira 'Tommy Atkins' submetido a doses do Sagersolo® (BST1) e Fulvumin® (BST2). Petrolina – PE, 2021 e 2022

FV	A (µmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	Ci (mmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	E (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	AAT (µmol g ⁻¹ MF)	PST (mg mL ⁻¹ MF)	CST (mg g ⁻¹ MF)	Amido (mg g ⁻¹ MF)
BST1							
1º ciclo	9,75b	202,16b	2,03a	3,45a	0,64a	27,79a	3,02a
2º ciclo	11,45a	231,12a	2,10a	3,04b	0,56b	26,28b	2,53b
DMS	0,91	12,11	0,16	0,16	0,02	0,63	0,14
BST2							
1º ciclo	9,00b	202,15a	2,43b	2,77a	0,60a	26,75a	2,49a
2º ciclo	10,47a	207,34a	2,70a	2,17b	0,53b	25,26b	2,01b
DMS	0,92	9,15	0,14	0,17	0,02	0,65	0,19

Fonte: Elaborado pelos autores. Ciclos com médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

No segundo experimento com a aplicação do BST2, em dois ciclos produtivo na fase de frutificação 'Tommy Atkins', identificou-se que no segundo ciclo obteve valores médios superiores em relação ao primeiro ciclo para: A 10,47 µmol CO₂ m⁻² s⁻¹; e E 2,70 mmol H₂O m⁻² s⁻¹. No entanto, o primeiro ciclo obteve valores médias superiores para todas as variáveis bioquímicas a 5% de probabilidade, de acordo com o teste Tukey (Tabela 5).

As variações observadas nas trocas gasosa na fase de frutificação da 'Tommy Atkins' ao longo dos ciclos produtivos foram relativamente pequenas. A diferença entre ciclos nos valores médios de assimilação de CO₂ foram de 1,65 µmol CO₂ m⁻² s⁻¹ para o tratamento com Sagersolo® (BST1) e 1,47 µmol CO₂ m⁻² s⁻¹ para o tratamento com Fulvumin® (BST2).

Essas variações podem ser atribuídas a diversos fatores, tais como flutuações nas condições climáticas no momento das coletas de dados e a disponibilidade hídrica durante a fase de frutificação no momento das leituras. Já que umidade relativa do ar, temperatura do ar e fluxo de radiação são fatores que influencia na fotossíntese (Taiz et al., 2017).

Com relação aos teores aminoácidos livres totais, proteínas solúveis totais, carboidratos solúveis totais, e Amido, presentes nos tecidos foliares da mangueira 'Tommy Atkins' durante a fase de frutificação, observou-se que eles são superiores no primeiro ciclo em ambos os experimentos. Essas respostas podem estar relacionadas à sazonalidade da cultivar, que apresenta alternância de produtividade entre os ciclos, como observado por (Modesto. 2013; Simões et al., 2021).

Os ciclos com maior produtividade demandam maiores quantidades de carboidratos, aminoácidos e proteínas, necessitando de uma atividade fotossintética mais intensa e maior produção desses compostos. Já que os frutos em desenvolvimento atuam como os principais drenos de fotoassimilados nas plantas (Singh et al., 2017).

4 CONCLUSÃO

As doses dos bioestimulantes Sagersolo® (BST1) entre 17,5 e 23,0 L ha⁻¹, aplicadas durante a fase de frutificação da variedade de manga 'Tommy Atkins', resultaram em incrementos na assimilação de CO₂, nas condições do semiárido brasileiro.

Para o bioestimulante Fulvumin® (BST2), as doses de 24,2 e 25,0 L ha⁻¹, aplicadas durante a fase de frutificação, melhoraram a eficiência na assimilação de CO₂ da variedade 'Tommy Atkins' para a região do Semiárido brasileiro.

A utilização de ambos os bioestimulantes (BSTs), favoreceu a eficiência na produção e translocação de carboidratos nos tecidos foliares da variedade 'Tommy Atkins' durante a fase de frutificação nas condições do Semiárido brasileiro.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seu profundo agradecimento à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro por meio da concessão da bolsa. Também agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pelo suporte acadêmico e incentivo à pesquisa, bem como ao Departamento de Fitotecnia e Fertirrigação da Embrapa Semiárido pelo apoio técnico, infraestrutura e colaboração essencial para a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Evapotranspiração da cultura: Diretrizes para o cálculo das necessidades da cultura. Roma: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, 1998. (Papel para Drenagem e Irrigação, 56).
- ANDREOTTI, C.; ROUPHAEL, Y.; COLLA, G.; BASILE, B. Taxa e época de aplicação de substâncias bioestimulantes para aumentar a tolerância das fruteiras frente a estresses ambientais e qualidade dos frutos. *Agronomia*, v. 12, n. 3, p. 603, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030603>.
- ANUSUYA, R.; VIJAYAKUMAR, R. M.; SRIVIDHYA, S.; SIVAKUMAR, R. Comparação de parâmetros fisiológicos e de floração da estação principal e da entressafra utilizando diferentes nutrientes vegetais e hormônio do crescimento em manga (*Mangifera indica* L.) cv. Revista de Pesquisa Agrícola e Ecologia, v. 5, p. 76-82, 2018. <http://doi.org/10.53911/JAE>.
- BRADFORD, M. M. Um método rápido e sensível para a quantificação de quantidades de microgramas de proteína utilizando o princípio da ligação proteína-corante. *Bioquímica Analítica*, v. 72, p. 248-254, 1976. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3).
- DE OLIVEIRA, D. A. S.; ALBUQUERQUE, G. C. A.; RIBEIRO, V. G.; NETO, A. F.; DE OLIVEIRA, F. J. V. Análise de custos operacionais de máquinas e implementos agrícolas na produção de manga (*Mangifera indica*). *Revista Foco*, v. 16, n. 7, e2498-e2498, 2023. <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n7-001>.
- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Método colorimétrico para determinação de açúcares e substâncias afins. *Química Analítica*, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956. <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>.
- EL-HOSEINY, H. M.; HELALY, M. N.; ELSHEERY, N. I.; ALAM-ELDEIN, S. M. Ácido húmico e boro para minimizar a incidência de produção alternada e melhorar a produtividade e a qualidade dos frutos das mangueiras. *Hort Science*, v. 55, n. 7, p. 1026–1037, 2020. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15053-20>.
- FERREIRA, K. M.; SIMÕES, W. L.; MOUCO, M. A. do C.; SILVA, J. R. da; MESQUITA, A. C. Aspectos fisiológicos e bioquímicos da mangueira 'Tommy Atkins' submetida a doses e formas de aplicação do paclobutrazol. *Scientia Plena*, v. 16, n. 10, 2020. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2020.100201>.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system for windows version 5.6. Ciência Agrotecnologia, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2017. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.
- FERNANDES, E. A.; SOARES, L. A. dos A.; LIMA, G. S. de; SILVA NETA, A. M. de S.; ROQUE, I. A.; SILVA, F. A. da; FERNANDES, P. D.; LACERDA, C. N. de. Dano celular, trocas gasosas e crescimento da *Annona squamosa* L. irrigada com águas salinas e fertilização potássica. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 42, n. 3, p. 999–1018, 2021. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n3p999>.

HELALY, M. N.; EL-HOSEINY, H.; EL-SHEERY, N. I.; RASTOGI, A.; KALAJI, H. M. Regulação e papel fisiológico do silício no alívio do estresse hídrico da manga. *Fisiologia e Bioquímica Vegetal*, v. 118, p. 31-44, 2017. <https://doi.org/10.1016/>.

JANNIN, L.; ARKOUN, M.; OURRY, A.; LAÎNÉ, P.; GOUX, D.; GARNICA, M.; ... ETIENNE, P. Microarray analysis of humic acid effects on *Brassica napus* growth: involvement of N, C and S metabolisms. *Plant and Soil*, v. 359, p. 297-319, 2012. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1191-x>.

KIST, B. B.; SANTOS, C. E.; CARVALHO, C.; BELING, R. R. Anuário Brasileiro de Horti & Fruti. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2019.

LEÃO, P. C. S.; NASCIMENTO, J. H. B.; MORAES, D. S.; SOUZA, E. R. Componentes do rendimento da nova uva de mesa sem sementes 'BRS Ísis' em função do porta-enxerto em condições tropicais semiáridas. *Scientia Horticulturae*, v. 263, p. 109-114, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scientia.2019.109114>.

LOPES, P. R. C.; HAJI, F. N. P.; MOREIRA, A. N.; MATTOS, M. A. de A. (Org.). Normas técnicas e documentos de acompanhamento da produção integrada de Manga. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2003. 74 p. (Embrapa Semiárido. Documento, 183).

YEMM, E. W.; COCKING, E. C.; RICKETTS, R. E. The determination of amino-acids with ninhydrin. *Analyst*, v. 80, n. 948, p. 209-214, 1955. <https://doi.org/10.1039/AN9558000209>

MODESTO, J. H. Produtividade, sazonalidade e análises tecnológicas de frutos de cultivares de mangueira em condições subtropicais. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual Paulista, Butucatu, SP. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/93546>.

MOUCO, M. A. C. (Org.). Cultivo de mangueira. 3. ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015. (Sistemas de Produção, 2).

MUDO, L. E. D.; LOBO, J. T.; CARREIRO, D. D. A.; CAVACINI, J. A.; SILVA, L. D. S.; CAVALCANTE, I. H. L. Leaf gas exchange and flowering of mango sprayed with biostimulant in semi-arid region. *Revista Caatinga*, v. 33, p. 332-340, 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n206rc>.

OLIVEIRA, Z. V. S. R.; MESQUITA, A. C.; SIMÕES, W. L.; SALVIANO, A. M.; SILVA, J. S.; FELIX, A. T. R. Trocas gasosas e análises bioquímicas em variedades de melancia sob cultivo orgânico no Semiárido nordestino. *Scientia Plena*, v. 18, n. 9, 2022. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2022.090202>.

OLK, D. C.; DINNES, D. L.; SCORESBY, J. R.; CALLAWAY, C. R.; DARLINGTON, J. W. Produtos húmicos na agricultura: benefícios potenciais e desafios de pesquisa - uma revisão. *Jornal de Solos e Sedimentos*, v. 18, n. 9, p. 2881-2891, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-1973-4>.

ORSI, M. Simulação por dinâmica molecular de substâncias húmicas. *Technol. Agric.*, v. 1, p. 1–14, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40538-014-0010-4>.

SILVA, L. D. S.; SILVA, P. T. D. S.; CAVALCANTE, Í. H. L. Impacto do ácido fúlvico e aminoácidos livres na absorção de paclobutrazol pela manga 'Keitt'. Revista Ambiente & Água, v. 15, 2020a. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2519>.

SILVA, M. A. D.; CAVALCANTE, Í. H. L.; MUDO, L. E.; PAIVA NETO, V. B. D.; CUNHA, J. G. D. Bioestimulante alivia o estresse abiótico da manga cultivada em ambiente Semiárido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 24, p. 457-464, 2020b. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n7p457-464>.

SIMÕES, W. L.; ANDRADE, V. P. M.; MOUCO, M. A. do C.; SILVA, J. S. da; DIAS, N. da S.; FERREIRA, P. P. Fisiologia, produção e qualidade de frutos da mangueira 'Tommy Atkins' sob diferentes sistemas de irrigação. IRRIGA, v. 1, n. 1, p. 56-66, 2021. <https://doi.org/10.15809/irriga.2021v1n1p56-66>.

SANCHES, L. G.; SANTOS, A. J. D. S.; CARREIRO, D. D. A.; CUNHA, J. G. D.; LOBO, J. T.; CAVALCANTE, Í. H. L.; PAIVA NETO, V. B. D. Respostas bioquímicas em manga 'Kent' cultivada no Semiárido brasileiro sob diferentes doses de triacontanol. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 27, p. 309-316, 2023. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n5p309-316>.

SINGH, S. K.; NATH, V.; MARBOH, E. S.; SHARMA, S. Relação fonte-pia em versos de litchi manga: um conceito. Revista Internacional de Microbiologia Atual e Ciências Aplicadas, v. 6, n. 3, p. 500-509, 2017. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.603.058>.

SUDHA, R.; BALAMOHAN, T. N.; SOORIANATHASUNDARAM, K. Efeito da pulverização foliar de produtos químicos nitrogenados sobre o florescimento, frutificação e produtividade em manga (*Mangifera indica* L.) cv. Revista de Ciências Hortícolas, v. 7, p. 190-193, 2012. <https://doi.org/10.24154/jhs.v7i2.373>.

SHAH, Z. H.; REHMAN, H. M.; AKHTAR, T.; ALSAMADANY, H.; HAMOOH, B. T.; MUJTABA, T.; CHUNG, G. Humic substances: Determining potential molecular regulatory processes in plants. Frontiers in Plant Science, v. 9, p. 263, 2018. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00263>.

TAIZ, L. et al. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre, RS: ArtMed, 2017.

TANOU, G.; ZIOGAS, V.; MOLASSIOTIS, A. Nutrição foliar, bioestimulantes e dinâmica do tipo prime na fisiologia das árvores frutíferas: Novas percepções sobre um tópico antigo. Fronteiras em Fitotecnia, v. 8, p. 1-9, 2017. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00075>.

VIEIRA, E. L.; SOUZA, G. S. de; SANTOS, A. R. dos; SANTOS SILVA, J. dos. Manual de fisiologia vegetal. São Luiz-MA: Edufma, 2010.

VERAS, C. D. S. Revestimentos à base de carboidratos para conservação da manga 'Tommy Atkins'. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, Brasil. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/27485>.