



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO ENGENHARIA AGRONÔMICA**

RAÍ NASCIMENTO DO CARMO

**APLICAÇÃO EXÓGENA DE PROLINA E EXTRATO DE ALGAS EM
MANGUEIRA TOMMY ATKINS CULTIVADA NO SEMIÁRIDO**

**PETROLINA
2018**

RAÍ NASCIMENTO DO CARMO

**APLICAÇÃO EXÓGENA DE PROLINA E EXTRATO DE ALGAS EM
MANGUEIRA TOMMY ATKINS CULTIVADA NO SEMIÁRIDO**

Trabalho apresentado a Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Ciências Agrárias, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante

**PETROLINA
2018**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO ENGENHARIA AGRÔNOMICA

FOLHA DE APROVAÇÃO

RAÍ NASCIMENTO DO CARMO

**APLICAÇÃO EXÓGENA DE PROLINA E EXTRATO DE ALGAS EM
MANGUEIRA TOMMY ATKINS CULTIVADA NO SEMIÁRIDO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Agrônômica, pela
Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Aprovado em: ____ de setembro de 2018.

Banca Examinadora

(Ítalo Herbet Lucena Cavalcante, D.Sc, UNIVASF).

(Marcelle Almeida da Silva, D.Sc, UNIVASF).

(Cleriton de Souza, Engenheiro Agrônomo, UNIVASF).

RESUMO

O conhecimento da fenologia da mangueira permite que se utilizem práticas de manejo adequadas durante toda a sua cadeia produtiva, proporcionando a obtenção de êxito na exploração agrícola dessa frutífera que desempenha um papel relevante no desenvolvimento econômico, principalmente no Brasil. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação exógena de prolina e *Ascophyllum nodosum* (L.) na mangueira cv. Tommy Atkins no semiárido. O delineamento experimental foi instalado em esquema fatorial 6 x 2 x 4, correspondente à: i) seis datas de avaliação: 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a diminuição da lâmina de irrigação, correspondendo aos dias 13/10, 20/10, 27/10, 03/11, 10/11 e 17/11/2017, respectivamente; ii) concentrações de prolina: testemunha (sem prolina), 0,287; 0,575; e 1,150%; e iii) *Ascophyllum nodosum* (L.) (com e sem), concentrado a 1,5%. O experimento foi realizado no município de Petrolina, em mangueira cultivar Tommy Atkins. Avaliou-se os pigmentos fotossintéticos, carboidratos solúveis totais, prolina, trocas gasosas, uniformidade de florada, número de frutos por panícula, produção e produtividade. Para os pigmentos fotossintéticos, o extrato de algas proporcionou um incremento na clorofila a e nos carotenóides, já a prolina apresentou um incremento na clorofila total e nos carotenóides; os sólidos orgânicos apresentaram interação tripla (carboidrato solúvel total) e dupla (prolina), o *Ascophyllum nodosum* proporcionou uma melhor acumulo de carboidrato e a prolina exógena promoveu um maior acumulo de prolina endógena; para as trocas gasosa, as três variáveis apresentaram interação dupla, onde a concentrações de prolina de 0,286% proporcionou os maiores teores de fotossíntese transpiração e condutância estomática; já para as variáveis fitotécnicas, o *Ascophyllum nodosum* proporcionou os uma maior uniformidade de flora, não apresentando para as variáveis frutos por panícula, produção e produtividade, porém, mesmo não diferindo estatisticamente, foi perceptível os benefícios do *Ascophyllum nodosum* proporcionando uma maior produtividade. O fornecimento exógeno de prolina e extrato de algas a base de *Ascophyllum nodosum* promoveu respostas distintas nas plantas de mangueira cv. Tommy Atkins durante o período de redução da lâmina de irrigação.

Palavras-chave: *Mangifera Indica* L., *Ascophyllum nodosum*, Estresse hídrico.

LISTAS DE FIGURAS

- Figura 1 - Precipitação, temperatura média, umidade relativa do ar, evapotranspiração e radiação solar global registradas durante a condução do experimento. 09
- Figura 2 - Teores foliares de clorofila *a* (A), clorofila *b* (B) e clorofila total (C) em mangueira cv. Tommy Atkins em função do fornecimento exógeno de prolina e *Ascophyllum nodosum*, e do período de avaliação. 13
- Figura 3 - Efeitos do fornecimento exógeno de *Ascophyllum nodosum* em função das concentrações de prolina (A) e do período de avaliação (B) sobre os teores foliares de carotenóides, em mangueira cv. Tommy Atkins. 14
- Figura 4 - Efeitos do fornecimento exógeno de prolina e do período de avaliação em função da presença (A) e ausência (B) de *Ascophyllum nodosum*, sobre os teores foliares carboidratos solúveis totais em mangueira cv. Tommy Atkins. 16
- Figura 5 - Efeitos do fornecimento exógeno de prolina e do período de avaliação, sobre os teores foliares de prolina livre em mangueira cv. Tommy Atkins. 18
- Figura 6 - Fotossíntese líquida (A), transpiração (B) e condutância estomática (C) em plantas de mangueira cv. Tommy Atkins em função do fornecimento exógeno de prolina e *Ascophyllum nodosum*. 20

LISTAS DE TABELAS

- Tabela 1 - Análise química do solo, profundidade de 0-40 cm, da área experimental cultivada com mangueira Tommy Atkins, na fase de maturação dos ramos. 10
- Tabela 2 - Análise foliar da área experimental cultivada com mangueira Tommy Atkins, na fase de maturação dos ramos. 10
- Tabela 3 - Síntese da análise de variância para clorofila *a* (clo *a*), clorofila *b* (clo *b*), clorofila total (clo total), caratenóides, CST (carboidratos solúveis totais) e prolina livre em folhas de mangueira cv. Tommy Atkins em função do fornecimento exógeno de prolina e *Ascophyllum nodosum*, e período de avaliação. 12
- Tabela 4- Síntese da análise de variância para fotossíntese, condutância e transpiração em plantas de mangueira cv. Tommy Atkins em função do fornecimento exógeno de prolina e extrato de algas. 18
- Tabela 5 - Palavra Síntese da análise de variância para uniformidade de florada, frutos panícula⁻¹, produção e produtividade em plantas de mangueira cv. Tommy Atkins em função do fornecimento exógeno de prolina e *Ascophyllum nodosum*. 20

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 METODOLOGIA	8
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	11
3.1 PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS E SOLUTOS ORGÂNICOS	11
3.2 TROCAS GASOSAS.....	18
3.3 VARIÁVEIS FITOTÉCNICAS	21
4 CONCLUSÃO.....	22
4 REFERÊNCIAS.....	22

1 INTRODUÇÃO

A mangueira (*Mangifera indica L.*) pertencente à família Anacardiaceae, é a segunda fruta mais exportada no Brasil, ocupando o sétimo lugar no ranking de maior produtor da fruta (FAOSTAT, 2016). De acordo com o IBGE (2016), o Brasil obteve uma produção de 1.002.189 t em 2016, se concentrando na região Nordeste, onde o Polo Petrolina/Juazeiro obteve uma produção de 289.080 t, aproximadamente, 29% da produção nacional.

O crescimento produtivo da região é devido as condições edafoclimáticas favoráveis em conjunto com manejos específicos, como a utilização de sistemas de irrigação localizada, podas mais eficientes, estresse hídrico, uso de reguladores vegetais e indução floral, que contribuem para a obtenção de altas produções com frutos no padrão de qualidade exigido pelo mercado internacional, fazendo com que a União Europeia e os Estados Unidos, sejam os principais importadores da manga brasileira (ARAÚJO et al., 2017; MAPA, 2017; NASCIMENTO et al., 2017).

As condições de alta luminosidade, baixa umidade relativa e temperaturas elevadas são favoráveis à fruticultura tropical, no entanto, devido à má distribuição espacial e temporal de chuvas e baixos índices de precipitação, associado as altas amplitudes térmicas, fazem com que a mangueira sofra um elevado estresse, afetando seu metabolismo e consequentemente, sua produção.

Devido ao caráter inerte da mangueira, as plantas estão sujeitas ao estresse causados por fatores bióticos e abióticos, como o estresse hídrico, térmico, salino, pragas, doenças, anaerobiose, deficiência nutricional, poluição atmosférica e radiação UV (KANAYAMA & KOCHETOV, 2015). Dessa forma, estes fatores contribuem para a geração de espécies reativas de oxigênio (ERO), como o radical superóxido (O_2^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e radicais hidroxilas ($\bullet HO$), que são formadas a partir da redução ou ativação parcial do oxigênio atmosférico (O_2).

Em resposta ao acúmulo de EROs as plantas desenvolveram diferentes mecanismos de proteção, como o ajustamento osmótico, que promove o acúmulo de osmólitos ou solutos compatíveis, que neutraliza a oxidação, mantendo a integridade da célula. Entre os vários solutos compatíveis, tem-se a prolina, um aminoácido essencial, que apresenta diversas atribuições, como um osmoprotetor (AHMED et al., 2010), estabilizador de proteína, quelante de metal, inibidor da peroxidação da membrana lipídica e como um sequestrador de EROs (TROVATO et al., 2008).

A prolina é sintetizada a partir do glutamato ou da ornitina. A síntese a partir do glutamato ocorre no citoplasma e no cloroplasto, onde o glutamato é reduzido a glutamato-semialdeído (GSA), que é convertido, espontaneamente, a pirrolina-5-carboxilato (P5C), e posteriormente reduzido à prolina. A via de síntese a partir da ornitina, ocorre através de transaminação da ornitina, produzindo GSA e P5C que é convertida a prolina (SZABADOS & SAVOURE, 2009).

Outra forma de combater os estresses, é o uso de algas marinhas, que são compostos naturais, ricos em nutrientes, vitaminas, ácido algínico, manitol, fitohormônios e antioxidantes (CRAIGIE, 2011; CASTILLEJO et al., 2018). As algas marinhas, são macroalgas, que podem ser vermelhas, verdes e marrons, porém, a espécie de maior interesse agrônomo é a alga marrom *Ascophyllum nodosum* (L.) (JAYARAJ et al., 2008; KHAN et al., 2009). Como benefícios, a *Ascophyllum nodosum* influencia diretamente no desenvolvimento, produtividade e qualidade das plantas; tolerância a doenças; estresse múltiplos; fornecimento de compostos orgânicos atuantes no metabolismo; e atuação na biossíntese de hormônios (BATTACHARYYA et al., 2015; JAYARAJ et al., 2008; WALLY et al., 2013).

Nesse sentido, alguns estudos têm sido desenvolvidos com aplicação exógena de prolina e de extrato de algas via foliar, visando melhorar a tolerância das plantas a diferentes estresses, com resultados satisfatórios registrados por Khan et al., (2009), Shahbaz et al. (2013), Wani et al. (2016), Bradáčová et al. (2016), Butt et al. (2016) e Frioni et al. (2018). Entretanto, para a cultura da mangueira a efetividade da aplicação exógena de prolina em conjunto com *Ascophyllum nodosum* como mitigador dos efeitos deletérios, especialmente relativos a temperaturas elevadas e déficit hídrico ainda constitui uma lacuna da literatura científica nacional e internacional.

Neste contexto, devido à importância econômica da mangueira para o Brasil e para o Polo Petrolina-Juazeiro, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação exógena de prolina e *Ascophyllum nodosum* (L.) na mangueira cv. Tommy Atkins no semiárido.

2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em um pomar comercial de mangueira cv. Tommy Atkins na fazenda Frutavi, localizada no Perímetro irrigado Senador Nilo Coelho, no município de Petrolina – PE (9°18'19.2" S de latitude, 40°33'55.9" O de longitude, a uma altitude de 365,5 m acima do nível do mar), no período de outubro de 2017 a abril de 2018.

O clima da região é classificado como Bsh, segundo a classificação de Alvares et al. (2013), que pertence a uma região semiárida, com temperatura média anual de 26,0 °C e precipitação média anual de 481,7 mm. Durante a execução do experimento, os dados climáticos referentes à precipitação pluviométrica, temperatura, umidade relativa do ar, evapotranspiração e radiação solar global foram registrados a partir da estação meteorológica automática da UNIVASF, instalada no Campus de Ciências Agrárias (FIGURA 1).

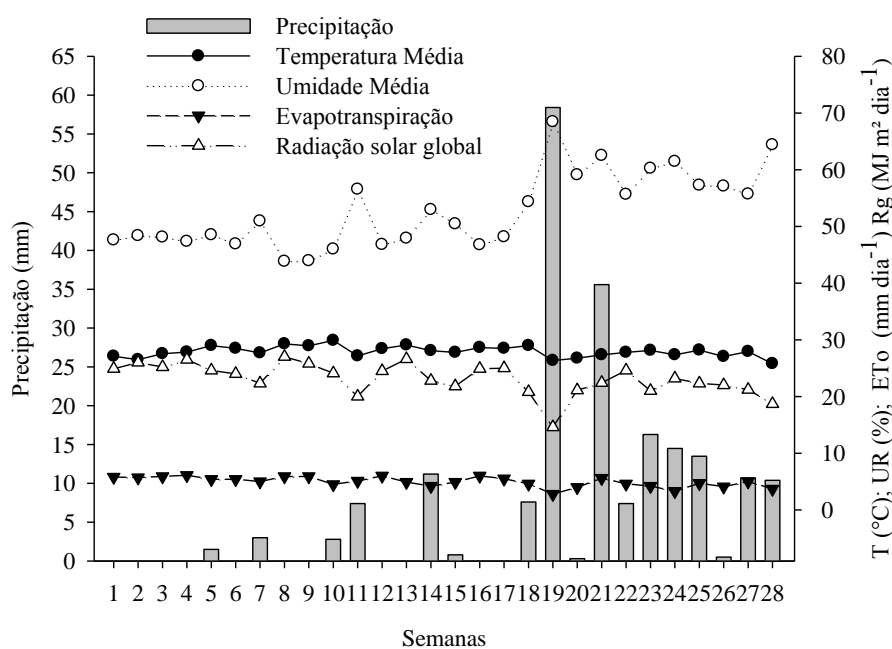


Figura 1: Precipitação, temperatura média, umidade relativa do ar, evapotranspiração e radiação solar global registradas durante a condução do experimento.

As plantas do pomar possuíam 22 anos de idade produtiva, estando estas dispostas no espaçamento 8x8 m. A irrigação foi realizada diariamente por sistema localizado de microaspersão, com um aspersor por planta de vazão de 50 L h⁻¹ com raio de 1,5 m. A aplicação do paclobutrazol (PBZ) foi realizada no dia 10 de agosto de 2017, na dosagem de 25 mL planta⁻¹, na projeção da copa. As práticas culturais referentes a poda, controle de plantas invasoras, combate a pragas e doenças e ponto de colheita, seguiram as normas técnicas da produção Integrada de Manga definidas por Lopes et al. (2003) e o manejo nutricional foi realizado através do sistema de fertirrigação, através da análise do solo e demanda da cultura (SILVA et al., 2002). Durante a execução do experimento foi realizado análise de solo e folha para determinação do estado nutricional do solo e das plantas, onde os resultados encontram-se nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Análise química do solo, profundidade de 0-40 cm, da área experimental cultivada com mangueira Tommy Atkins, na fase de maturação dos ramos.

pH	M.O	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	SB	V
H ₂ O	g kg ⁻¹	mg dm ³	-----cmol _c /dm ³ -----							%
6,6	8,9	114	0,24	0,05	4,9	1,7	0,0	1,12	6,89	86

Métodos de extração: M.O: método volumétrico; P, K, Na, Cu, Fe, Mn e Zn: Mehlich (HCl + H₂SO₄); Ca, Mg e Al: KCl 1 mol L⁻¹.

Tabela 2 – Análise foliar da área experimental cultivada com mangueira Tommy Atkins, na fase de maturação dos ramos.

N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
-----g kg ⁻¹ -----					-----mg kg ⁻¹ -----					
16,8	1,03	7,50	26,0	3,3	198	198	183	520	113	130

O delineamento experimental foi instalado e esquema fatorial 6 x 2 x 4, correspondente à: i) seis datas de avaliação: 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a diminuição da lâmina de irrigação, correspondendo aos dias 13/10, 20/10, 27/10, 03/11, 10/11 e 17/11/2017, respectivamente; ii) concentrações de prolina: testemunha (sem prolina), 0,287; 0,575; e 1,150%; e iii) *Ascophyllum nodosum* (L.) (com e sem), concentrado a 1,5%. Os tratamentos foram distribuídos em blocos ao acaso com quatro repetições e três plantas por parcela. A lâmina de irrigação foi reduzida dia 06/10/2017, sete dias antes da primeira aplicação dos tratamentos, para 75 L planta⁻¹.

A definição dos tratamentos foi feita considerando as demandas e alterações fisiológicas que ocorrem durante a fase de maturação de ramos, quando há redução de lâmina hídrica durante 60 dias, antecedendo à indução ao florescimento com nitrato (cálcio e/ou potássio), conforme manejo preconizado por Genú e Pinto (2002). A aplicação dos tratamentos foi realizada via foliar, e as concentrações de prolina e *Ascophyllum nodosum* (L.) foram determinadas seguindo as referências de Abdelhamid et al. (2013) e Carvalho e Castro (2014), respectivamente, e o volume de calda foi padronizado em 20 L parcela⁻¹, quantidade suficiente para molhar completamente a copa das plantas. Para aplicação utilizou-se pulverizador Jacto Arbus.

As coletas das amostras de folhas foram realizadas momentos antes de cada aplicação, onde a primeira coleta foi realizada antes de começar as aplicações, para se ter o controle. Coletou-se por tratamento quatro amostras compostas por doze folhas recém maduras do último fluxo vegetativo nos quatro quadrantes e em alturas medianas da copa, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos, submersas em gelo e caixa térmica, e conduzidos para o Laboratório de Fisiologia Vegetal da UNIVASF, para determinação de

Prolina foliar, seguindo a metodologia descrita por Bates (1973); Carboidratos solúveis totais, seguindo a metodologia descrita por Dubois et al. (1956); Clorofila *a*, *b*, total e carotenoides, seguindo a metodologia descrita por Lichtenthaler e Buschmann (2001).

Durante a fase de diminuição da lâmina de irrigação, foi avaliado as taxas de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs) e transpiração (E), com o auxílio de um analisador de gás por radiação infravermelho IRGA (Mod. Li-COR[®]6400 XT). A avaliação foi realizada em folhas maduras, no intervalo entre as 9:00 e 11:00 horas da manhã. Para a indução floral foi utilizado Nitrato de cálcio e potássio (2,5%) sendo realizada um total de 9 aplicações com intervalos de sete dias, as pulverizações iniciaram dia 24/11/2017 e foram concluídas dia 19/01/2018.

No período de florada plena foi realizada a contagem de todas as panículas das plantas para a quantificação da uniformidade de florada. Na pré-florada, foram marcadas dez panículas por planta, distribuídas nos quatro quadrantes da copa em altura mediana para determinação do número de frutos por panícula. A colheita foi realizada quando os frutos se encontravam no estágio 2 caracterizado pela coloração da polpa creme-amarelada (FILGUEIRAS et al., 2000), pesando-os para obtenção da produção (kg planta⁻¹) e da produtividade estimada (ton ha⁻¹).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias. Posteriormente, foi realizada a análise de variância pelo teste 'F', e, a partir da significância, os tratamentos com *Ascophyllum nodosum* foram comparados entre si. As concentrações de prolina e período de avaliação foram submetidas a análise de regressão. Todas as análises estatísticas seguiram as recomendações de Banzatto e Kronka (1995) usando os softwares R, versão 3.5.0, e Sigma Plot versão 10.0.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS E SOLUTOS ORGÂNICOS

De acordo com os resultados da síntese da análise de variância o fator período de avaliação (P) promoveu efeito significativo em todas as variáveis contidas na tabela 3, exceto para clorofila total, influenciada somente pelas concentrações de prolina (Pro). O extrato de algas (EA) (*Ascophyllum nodosum*) fornecido exogenamente as plantas influenciou significativamente, e de forma isolada, os teores de clorofila *a* e carotenoides sendo estes superiores aos encontrados quando analisadas as plantas não tratadas o *Ascophyllum nodosum* (Tabela 3). Considerando-se as interações entre os fatores, os teores de carboidratos solúveis totais e

prolina livre, ambas as variáveis sofreram influência significativa tripla (P x EA x Pro) e dupla (P x Pro), respectivamente.

Tabela 3: Síntese da análise de variância para clorofila *a* (clo *a*), clorofila *b* (clo *b*), clorofila total (clo total), carotenóides, CST (carboidratos solúveis totais) e prolina livre em folhas de mangueira cv. Tommy Atkins em função do fornecimento exógeno de prolina e *Ascophyllum nodosum*, e período de avaliação.

F. Variação	Valor de F					
	Clo <i>a</i>	Clo <i>b</i>	Clo total	Carotenóides	CST	Prolina
	mg g ⁻¹ MF				μmol g ⁻¹ MF	μmol g ⁻¹ MF
Período (P)	8,73**	6,45**	1,19 ^{ns}	5,23**	15,91**	25,09**
E. Algas (EA)	4,57*	0,63 ^{ns}	0,75 ^{ns}	6,57*	2,61 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Ausência	1,34 b	0,70	2,02	0,59 b	154,32	0,53
Presença	1,47 a	0,65	2,09	0,64 a	144,64	0,50
Prolina (Pro)	1,96 ^{ns}	0,29 ^{ns}	3,24*	3,51*	2,13 ^{ns}	22,94**
P x EA	1,69 ^{ns}	1,99 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,35 ^{ns}	1,92 ^{ns}	1,08 ^{ns}
P x Pro	1,13 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,68 ^{ns}	1,60 ^{ns}	4,65**
EA x Pro	1,31 ^{ns}	0,52 ^{ns}	1,01 ^{ns}	0,64 ^{ns}	3,18*	0,72 ^{ns}
P x EA x Pro	0,61 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,85 ^{ns}	1,03 ^{ns}	3,30**	0,72 ^{ns}
DMS	0,11	0,36	0,14	0,04	11,84	0,08
CV %	28,58	57,46	25,07	26,06	27,77	58,95

CV: coeficiente de variação; DMS: diferença mínima significativa; ns: não significativo; **significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); *significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); Médias seguidas de letras distintas, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Ao decorrer dos 7 dias após a redução da lâmina de irrigação houve um incremento nos teores de clorofila *a*, onde as plantas com a presença do *Ascophyllum nodosum* obtiveram teor máximo de 1,58 mg g⁻¹ MF, já para as plantas com ausência do *Ascophyllum nodosum* ocorreu uma queda no teor de clorofila *a* entre as avaliações de 28 e 35 dias após a redução da lâmina, apresentando teores máximo de 1,55 mg g⁻¹ MF, e um comportamento quadrático (Figura 2A). Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Manaf (2016), Kasim et al. (2015), Chernane et al. (2015) e Mansori et al. (2015), que identificaram um maior teor de clorofila *a* nas plantas tratadas com extrato de algas. Segundo Carvalho e Castro (2014), altos teores de clorofila em plantas tratadas com *Ascophyllum nodosum* se dá em função da composição do extrato, que apresenta micro e macronutrientes, carboidratos, proteínas, aminoácidos, como a prolina, e hormônios, compostos estes atuantes na síntese e proteção da clorofila, permitindo uma maior estabilidade deste pigmento em condições adversas, fato este observado neste trabalho.

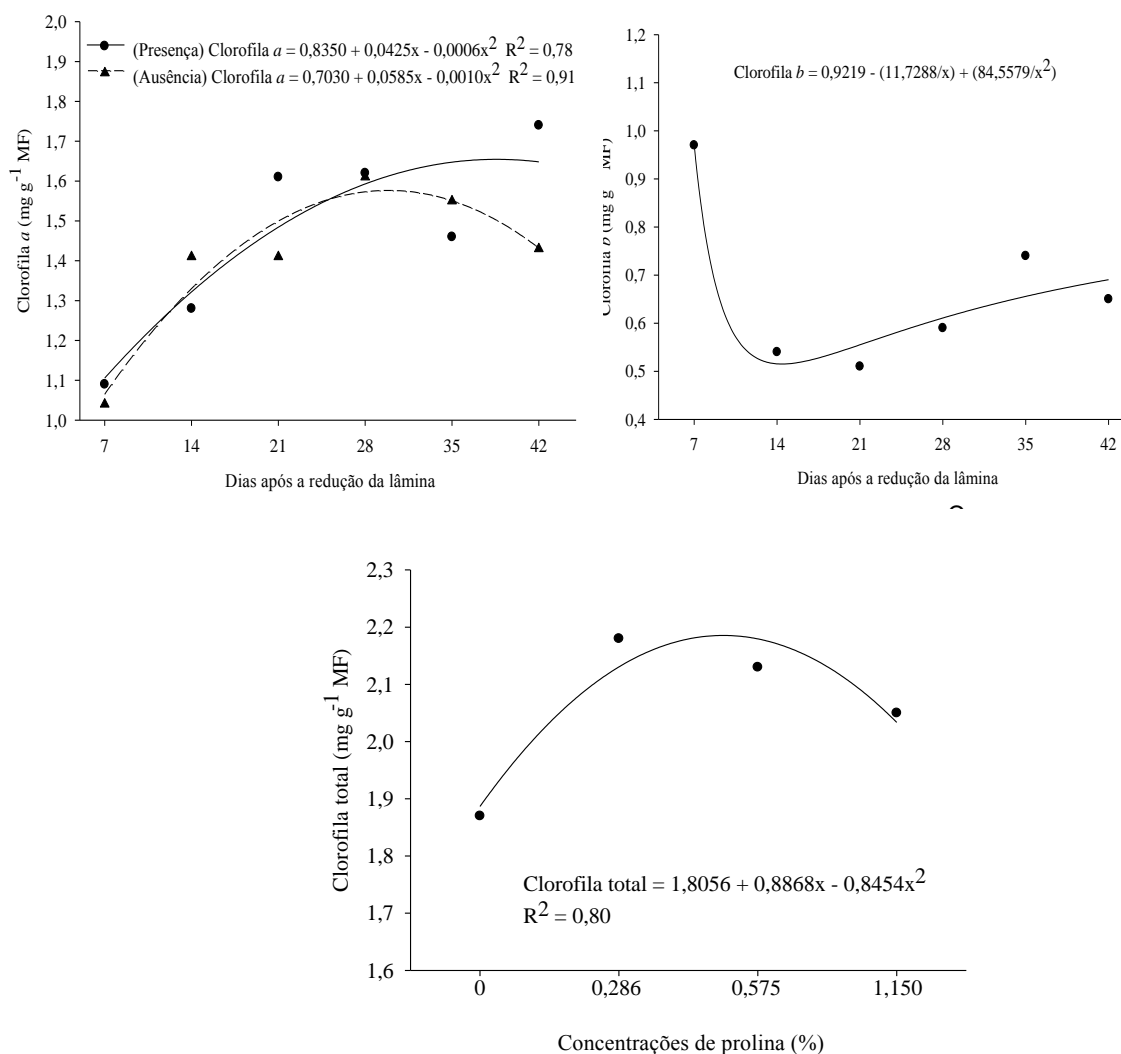


Figura 2: Teores foliares de clorofila *a* (A), clorofila *b* (B) e clorofila total (C) em mangueira cv. Tommy Atkins em função do fornecimento exógeno de prolina e *Ascophyllum nodosum*, e do período de avaliação.

A partir do sétimo dia após a redução da lâmina a clorofila *b* apresentou um decréscimo acentuado, com uma posterior retomada dos seus teores no décimo quarto dia após a redução da lâmina, ajustando-se a um modelo quadrático inverso (Figura 2B). Esse resultado pode estar atrelado ao fato das plantas já estarem no décimo quarto dia com a lâmina reduzida e, apenas sete dias após a primeira aplicação de prolina em conjunto com o *Ascophyllum nodosum*, tempo esse, provavelmente insuficiente para promover efeitos significativos nos teores de clorofila *b*, desta forma as plantas passaram a sentir os efeitos provocados pelo estresse hídrico. Dawood et al. (2014) afirmam que a redução nos teores de clorofila das plantas em situações de estresse, pode levar à desorganização das membranas tilacóides, bem como à degradação da clorofila via formação de enzimas proteolíticas, bem como à clorofila, responsável pela degradação da clorofila, e ao risco de fotossíntese.

Para Tabet e Adams (2013) a redução nos níveis dos pigmentos fotossintéticos possa ser decifrada como uma reposta de aclimação à atuação dos agentes estressantes, ado-

tada por parte dos vegetais, na tentativa de conservar energia e, conseqüentemente, captar menos energia luminosa, evitando, dessa forma, eventuais estresses fotooxidativos.

Para clorofila total, os dados foram ajustados ao modelo quadrático sendo obtido um teor máximo na concentração de 0,666% e resposta de 2,193 mg g⁻¹ MF (Figura 2C). O aumento dos pigmentos fotossintéticos está relacionado ao fato da prolina estar envolvida na proteção de estruturas celulares e cloroplastos (MOUSTAKAS et al., 2011).

Em relação aos carotenóides, houve efeito significativo para os três fatores estudados (Tabela 3). Observa-se que a presença do extrato de algas, apresentou os maiores teores de carotenóides em relação a ausência do *Ascophyllum nodosum* (Figura 3A), no qual os dados se ajustaram ao modelo quadrático, com uma concentração e resposta máxima de 0,557% e 0,658 mg g⁻¹ MF; 0,557 % e 0,658 mg g⁻¹ MF para presença e ausência de *Ascophyllum nodosum*, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Manaf (2016), Cherrane (2015) e Kasim (2015), demonstrando uma superioridade dos teores de carotenóides, para os tratamentos sob aplicação do extrato de alga, quando as plantas estavam submetidas a condições de estresse.

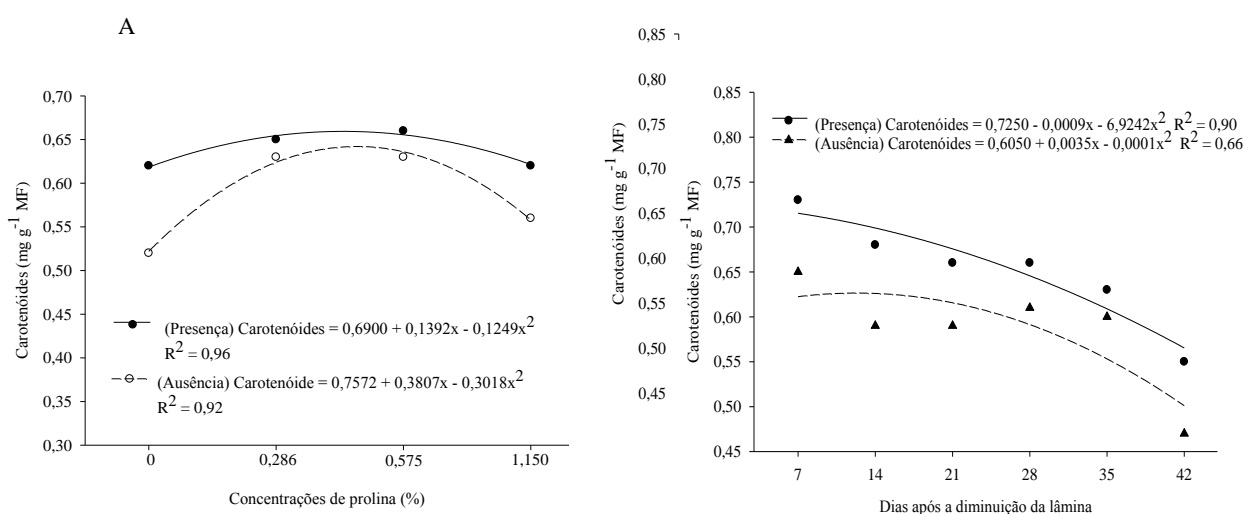


Figura 3: Efeitos do fornecimento exógeno de *Ascophyllum nodosum* em função das concentrações de prolina (A) e do período de avaliação (B) sobre os teores foliares de carotenóides, em manga cv. Tommy Atkins.

Os carotenoides exercem funções importantes nos cloroplastos, como por exemplo, a absorção e transferência da energia luminosa para a clorofila durante fotossíntese (CHERNANE et al., 2015). No entanto, o estresse hídrico, ao qual as plantas em estudo foram submetidas, ao longo dos dias de avaliação, pode ter ocorrido uma desaceleração na produção de pigmentos fotossintéticos, induzida pela degradação de β - caroteno, provocando assim, uma diminuição no teor de carotenóides, que são componentes integrados dos tilacóides (GOMES et al., 2011). Entretanto, Cuzzuol e Clippel (2009) relatam que pigmentos como os

carotenoides, comumente, apresentam diferenças em plantas submetidas a estresses ambientais, devido essas condições adversas gerarem mecanismos que resultam na diminuição desses pigmentos, que fazem parte de processos fotossintéticos nas plantas.

Mesmo havendo decréscimo nos teores de carotenóides, a presença do *Ascophyllum nodosum* foi sempre superior quando comparado com as plantas não tratadas, provavelmente este resultado é decorrente da composição do extrato, que de acordo com Wally et al. (2013) o extrato de algas possui reguladores de crescimento (auxinas, citocininas e gibberelinas), betaína, aminoácidos e baixas concentrações de elementos inorgânicos que influenciam o crescimento celular e ciclo de divisão, expansão, nutrição e maturidade, proporcionando uma maior resistência aos tecidos das plantas.

Vale ressaltar que com o fornecimento da maior concentração de prolina (1,150%) os pigmentos clorofila total e carotenóides das plantas avaliadas em função do fornecimento exógeno de prolina, tiveram seus teores reduzidos produzindo respostas negativas. Estes resultados corroboram com Dawood et al. (2014) que avaliando o efeito de diferentes concentrações de prolina (0, 25 e 50 mM) em plantas de *Vicia faba* submetidas a estresse salino, observaram que a concentração de 50 mM provocou toxicidade as plantas, afetando os parâmetros de crescimento e os pigmentos fotossintéticos.

Em contrapartida Ali et al. (2007) estudando plantas de milho submetidas ao fornecimento exógeno de 30 mM de prolina em todas as fases de crescimento mostrou ser mais eficiente na indução de tolerância à seca, aumentando a produção de biomassa e aumentando a taxa fotossintética, condutância estomática e concentração interna de CO². Diante disso, segundo Ashraf e Foolad (2007) a prolina aplicada como pulverização foliar, é mais eficaz dependendo do tipo de espécie, estágio de desenvolvimento da planta, tempo de aplicação e concentração.

Os carboidratos solúveis totais foram afetados significativamente pelas concentrações de prolina, como também, pela interação dos fatores extrato de algas e prolina, e interação tripla entre os três fatores estudados. Avaliando-se as concentrações de prolina dentro de cada período de avaliação é possível perceber que as plantas tratadas com *Ascophyllum nodosum* se diferiram das demais na primeira e última data de avaliação (Figura 4A). Resultado semelhante ocorreu para a concentração de 0,575%, avaliação aos 28 dias, e 1,150% com avaliação aos 35 dias após a redução da lâmina.

Analisando a figura 4A, as concentrações dentro de cada período de avaliação, demonstraram uma oscilação nos teores de CST quando utilizadas em conjunto com o *Ascophyllum nodosum*, no entanto, aos 45 dias após a redução da lâmina estes se mostraram

mais eficientes em relação ao acúmulo de CST nas folhas, quando comparados com as plantas que receberam somente o *Ascophyllum nodosum*, apresentando diferença estatística para esta respectiva data.

Decorridos 28 dias após a redução da lâmina, a mesma foi reajustada de 37,5% para 50% do total utilizado pela fazenda (200 L planta⁻¹), no qual observa-se a partir dessa data um aumento nos teores de CST, provavelmente em função do aumento da lâmina de irrigação, pois o estresse hídrico afeta a produção de fotoassimilados das plantas, de tal forma que elas tendem a consumir o que já tem armazenado, retornando a produção de fotoassimilados no momento em que houver a disponibilidade de água, em níveis suficientes e necessários ao funcionamento do metabolismo vegetal (ALMEIDA et al., 2015).

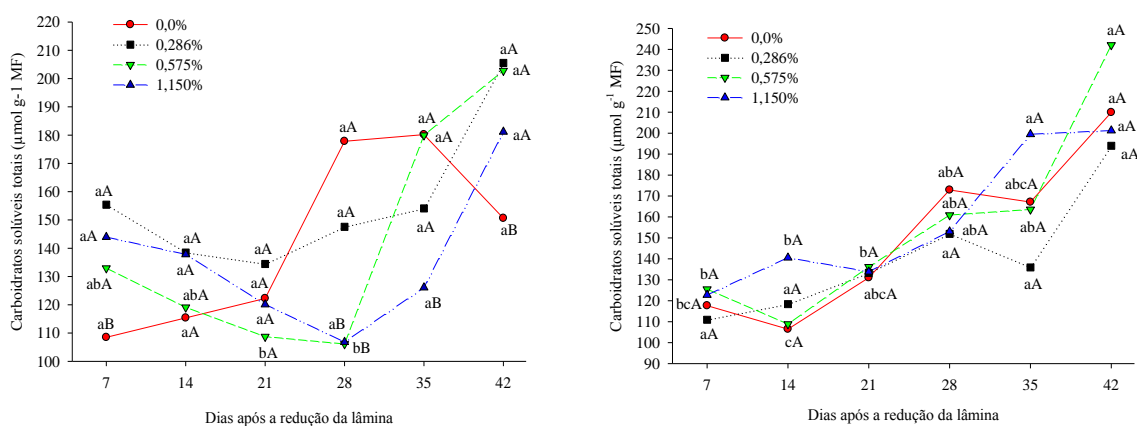


Figura 4: Efeitos do fornecimento exógeno de prolina e do período de avaliação em função da presença (A) e ausência (B) de *Ascophyllum nodosum*, sobre os teores foliares carboidratos solúveis totais em mangueira cv. Tommy Atkins.

Letras minúsculas, avaliam individualmente as concentrações de prolina em função do período de avaliação. Letras maiúsculas avaliam as concentrações de prolina dentro de cada período de avaliação. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

A oscilação dos teores de CST representada na figura 4A, provavelmente está relacionada ao consumo de reservas pelas plantas na busca pela manutenção da sua homeostase durante o período de estresse. Uma outra provável explicação foi a translocação de carboidratos para os ramos, no qual essa reserva foi utilizada para a formação de estruturas reprodutivas. Phavaphutanon (2000), relata que o metabolismo dos carboidratos fornece energia na forma de ATP, além de agentes redutores e compostos intermediários que auxiliam na assimilação do NO_3 , desta forma, possuem funções importantes no desenvolvimento da mangueira, especialmente no período de floração.

Para os tratamentos com a ausência de *Ascophyllum nodosum* (Figura 4B) não houve diferença significativa entre os tratamentos dentro de cada período de avaliação, logo

os teores CST aumentaram em função do período de avaliação. Analisando as concentrações de prolina, de forma individual, em função do período de avaliação, os teores de CST continuaram a aumentar com destaque para concentração de 0,575%, havendo diferença significativa entre as datas de avaliação, exceto para a concentração de 0,286%.

A ausência de *Ascophyllum nodosum* proporcionou os maiores teores de CST na concentração de 0,575% demonstrando a efetividade da prolina durante toda o período de avaliação. Keller e Ludlow (1993) em um estudo realizado com o objetivo de avaliar o metabolismo de carboidratos em folhas de feijão guandú sob condições de seca, observaram que os teores de carboidratos aumentavam a medida que os teores de prolina também ficavam mais elevados durante cinco datas de avaliação.

Trabalhos realizados por Dawood et al. (2014), Abdallah e El-Bassiouny (2016) e Zodape et al. (2009), identificaram um incremento no teor de carboidrato com aplicação de prolina e extrato de algas. Os carboidratos são essenciais para mitigar o estresse sofrido pelas plantas, pois promove o ajuste osmótico e confere resistência à dessecação das células, pois mantem o turgor das folhas que estão em baixo potencial hídrico (HASSANEIN et al., 2009).

Comparativamente, entre o início e o final do período de avaliação os teores foliares de CST encontravam-se altos para as quatro concentrações de prolina e presença e ausência do *Ascophyllum nodosum* (Figura 4A e 4B). Os carboidratos quando acumulados nas folhas podem fornecer a energia necessária para o desenvolvimento reprodutivo como para a formação de inflorescências (Davenport, 2007). Um resultado prático para os CST pode ser melhor visualizado quando se observa a uniformidade de florada (Tabela 4), principalmente para quando se avalia as plantas com a presença do extrato de algas que apresentaram superioridade significativa.

Os teores de prolina foram afetados significativamente pelas concentrações de prolina fornecida exogenamente e do período de avaliação, assim como, para a interação entre estes dois fatores, apresentando um comportamento quadrático. O fornecimento exógeno de prolina gerou um incremento no decorrer do experimento, quando comparado a não aplicação deste aminoácido, demonstrando a capacidade de absorção das plantas. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Zouari et al. (2016) e Wu et al. (2017), no qual observaram que o fornecimento de prolina via foliar, proporcionava incrementos nos teores endógenos de prolina. A maior concentração de prolina (1,150%) apresentou valores máximos de 0,76 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF no vigésimo sexto dia após a diminuição da lâmina.

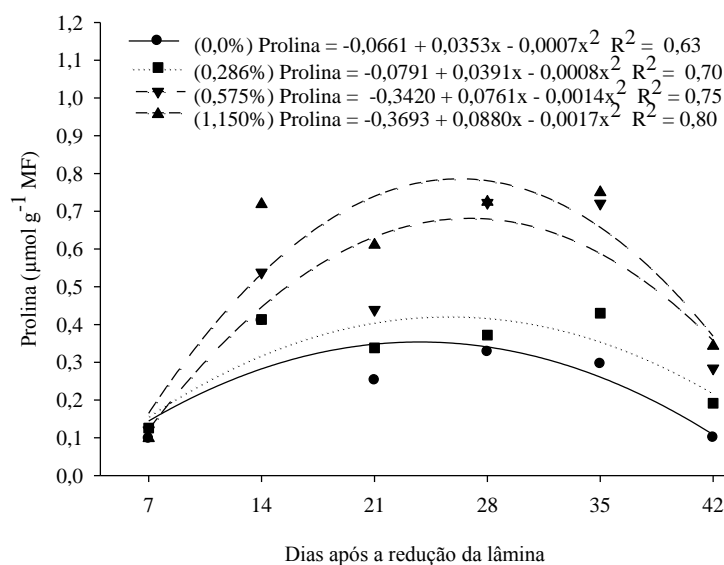


Figura 5: Efeitos do fornecimento exógeno de prolina e do período de avaliação, sobre os teores foliares de prolina livre em mangueira cv. Tommy Atkins.

Plantas sob condições de estresse tendem a acumular prolina no citosol das células, logo, esse acúmulo é fundamental para a manutenção do potencial hídrico e também pela capacidade de eliminar os radicais livres, pela extinção física do oxigênio singlete, produzido em plantas sob estresse; ou pelas reações químicas com os radicais livres, devido seu baixo potencial de ionização que lhe proporciona uma capacidade de formação de complexos reversíveis de transferência de carga com o oxigênio singlete, possibilitando a extinção das EROs (ALIA et al., 1997).

Segundo Iqbal et al. (2016), o acúmulo de prolina pode ser devido ao aumento da síntese de glutamato, na menor taxa de oxidação de proteínas e retardo na incorporação de prolina em proteína. O acúmulo da prolina não ocorre somente como resposta ao estresse, mas também ao papel que ela exerce durante o desenvolvimento de plantas, principalmente no florescimento e formação do grão de pólen (PHANG, 1985), atuando como fonte de energia, pois há uma produção de 30 ATPs através da oxidação de uma molécula (HU et al., 1996).

3.2 TROCAS GASOSAS

As variáveis analisadas não apresentaram efeito significativo na presença ou na ausência do *Ascophyllum nodosum*, semelhante ao encontrado por Frioni et al. (2018), que avaliando o efeito do *Ascophyllum nodosum* em videira cultivar Sangiovese, não identificaram diferenças entre os tratamentos com a presença do extrato em relação ao tratamento com ausência, para as variáveis de trocas gasosas. Houve efeito significativo das concentrações de

prolina em relação a fotossíntese, e todas as variáveis apresentaram interação significativa entre o extrato de algas e as concentrações de prolina (Tabela 4).

Tabela 4: Síntese da análise de variância para fotossíntese, condutância e transpiração em plantas de mangueira cv. Tommy Atkins em função do fornecimento exógeno de prolina e extrato de algas.

Fontes de variação	Valor de F		
	Fotossíntese $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	Condutância $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	Transpiração $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
E. Algas (EA)	0,18 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,045 ^{ns}
Prolina (Pro)	3,76*	1,55 ^{ns}	4,39 ^{ns}
EA x Pro	16,51**	5,94**	15,04**
DMS	1,47	0,018	0,71
CV %	29,82	47,52	29,46

CV: coeficiente de variação; DMS: diferença mínima significativa; ns: não significativo; **significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); *significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

As variáveis apresentadas na figura 4, na ausência de *Ascophyllum nodosum* ajustaram-se ao modelo Pico, no entanto, na presença do extrato os dados não se ajustaram a nenhum modelo de regressão. A fotossíntese, condutância e transpiração apresentaram os mesmos padrões de distribuição, resultados já esperados uma vez que as plantas estavam sob as mesmas condições de cultivo. O fechamento dos estômatos reduz a transpiração e a perda de água, mas também promove a diminuição das trocas gasosas e a redução da atividade fotossintética, já que a fotossíntese está diretamente correlacionada com a condutância estomática (LU et al. 2009).

Um dos principais fatores que controlam a fotossíntese é o teor de clorofilas, a ultraestrutura do cloroplasto e a condutância estomática (ZHAO et al., 2001). A aplicação exógena de prolina diminui o estresse estabilizando a cadeia transportadora de elétrons nas mitocôndrias (HAMILTON E HECKANTHON, 2001), aumentando as atividades de enzimas, como a Rubisco (KAUSHAL et al., 2011) proporcionando incrementos nos atributos fotossintéticos. Por outro lado, a prolina desestabiliza a ligação do ácido abscísico com proteínas específicas nas membranas das células guarda (THAKUR et al., 1988), assim como, a aplicação exógena de prolina, em quantidades ideais, aumenta o conteúdo de potássio nas membranas das células guarda, o que é essencial para manter os estômatos abertos levando ao aumento da condutância estomática e da fotossíntese (ASHRAF e FOOLAD, 2007).

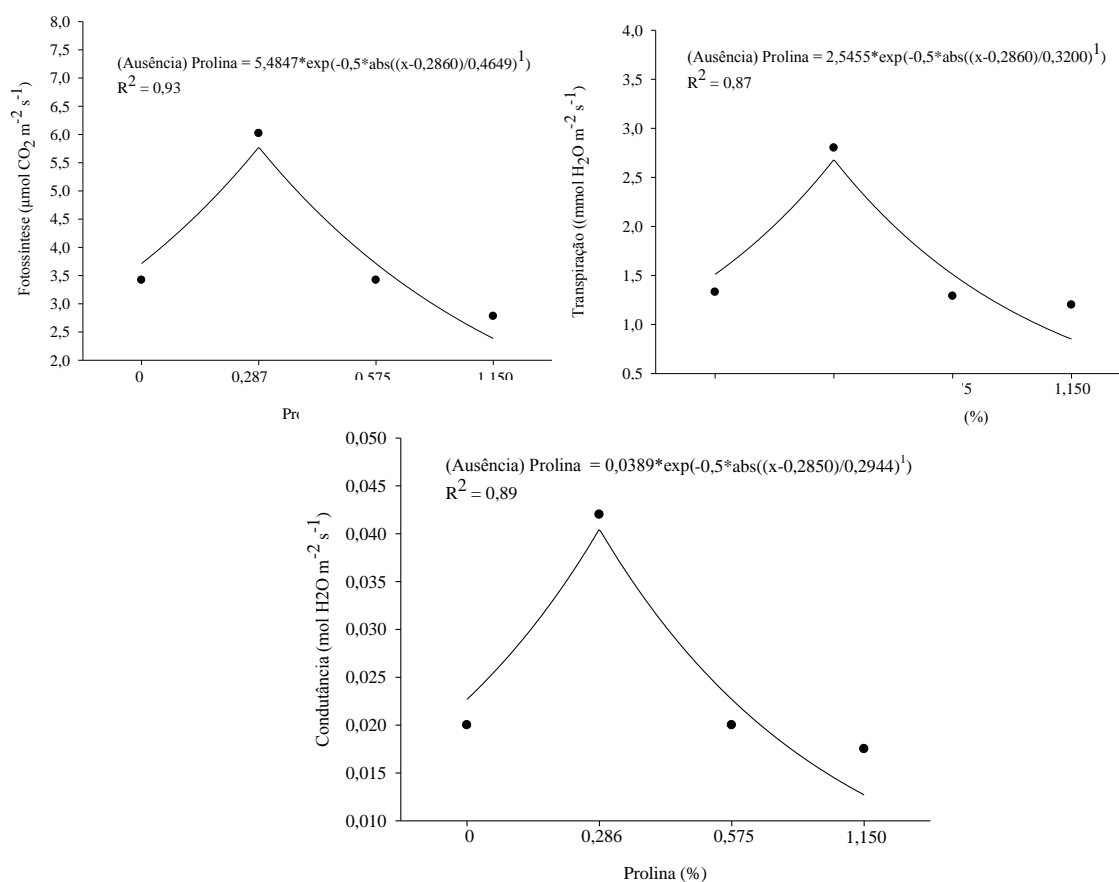


Figura 6 – Fotossíntese líquida (A), transpiração (B) e condutância estomática (C) em plantas de manga cv. Tommy Atkins em função do fornecimento exógeno de prolina e *Ascophyllum nodosum*.

A fotossíntese é um dos principais drenos de elétrons nos cloroplastos e reduções nesse processo em condições de déficit hídrico podem gerar um quadro potencialmente danoso ao metabolismo celular (TAIZ e ZEIGER, 2013). Nessas situações, as plantas tendem a absorver uma quantidade de energia maior do que são capazes de utilizar, gerando, assim, um desbalanço energético que é um dos principais responsáveis pelo aumento de produção de espécies reativas de oxigênio podendo levar a danos celulares (TATAGIBA et al., 2016).

As concentrações de prolina de 0,575% e 1,150% provocaram um efeito negativo nas plantas avaliadas, mas, segundo HARE et al. (2002) a prolina em quantidades ideais proporciona a manutenção e atividade dos pigmentos fotossintéticos, caso estes teores ultrapassem uma concentração máxima, que diferi de espécie para espécie, ocorre um efeito disruptivo nas membranas dos cloroplastos, e conseqüentemente as trocas gasosas também são afetadas.

3.3 VARIÁVEIS FITOTÉCNICAS

Observando-se a síntese da análise de variância para as variáveis fitotécnicas (Tabela 4), o fator extrato de algas exerceu efeito significativo individual somente para a uniformidade de florada, no qual as plantas que foram submetidas ao fornecimento exógeno de *Ascophyllum nodosum* apresentaram uma maior uniformidade de florada, com uma superioridade de 54,96%. As demais variáveis não sofreram influência de nenhum dos fatores estudados.

Tabela 5: Síntese da análise de variância para uniformidade de florada, frutos panícula⁻¹, produção e produtividade em plantas de mangueira cv. Tommy Atkins em função do fornecimento exógeno de prolina e *Ascophyllum nodosum*.

Fontes de variação	Valor de F			
	Uniformidade de florada %	Frutos panícula ⁻¹	Produção Kg planta ⁻¹	Produtividade ton ha ⁻¹
E. Algas (EA)	58,57**	3,39 ^{ns}	1,89 ^{ns}	1,89 ^{ns}
Ausência	26,67 b	1,56	65,15	10,16
Presença	48,53 a	1,91	78,96	12,31
Prolina (Pro)	1,98 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,39 ^{ns}
EA x Pro	2,72 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,52 ^{ns}
DMS	5,95	0,71	20,88	3,25
CV %	21,54	29,53	39,43	39,43

CV: coeficiente de variação; DMS: diferença mínima significativa; ns: não significativo; **significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); Médias seguidas de letras distintas, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Para Avilan e Alvarez (1990), os hormônios presentes no extrato de algas como auxinas, giberelinas, citocininas e etileno influenciam na indução floral da mangueira, pois segundo Mouco (2008), esses hormônios exercem a função de integrar fatores ambientais e intrínsecos as plantas, tais como assimilados, nutrientes e disponibilidade de água, inibindo ou estimulando sinais que influenciam a floração de forma quantitativa (Mouco, 2008).

Além disso, o extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) apresenta em sua constituição matéria orgânica, aminoácidos (alanina, ácido aspártico e glutâmico, glicina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, tirosina, triptofano e valina), carboidratos e concentrações importantes dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Cu e Zn (SILVA et al., 2016), componentes estes essenciais para a manutenção das atividades metabólicas das células, principalmente em períodos de condições adversas.

O fornecimento de *Ascorphyllum nodosum* também influencia no aumento dos teores de metionina que é um aminoácido precursor do etileno que por sua vez induz a floração (Silva, 2007). Dessa forma, o fornecimento do extrato de algas pode promover incrementos no conteúdo de fitohormônios, minerais e aminoácidos para que as plantas

possam ter uma lignificação dos ramos (suprimento adequado de K^+) e possam armazenar reservas suficientes, a ponto de emitirem brotações em maiores quantidades.

Mesmo não apresentada diferença significativa, é perceptível a superioridade numérica do número de frutos por panícula, produção e produtividade das plantas com a presença de *Ascophyllum nodosum*. Mohamed et al., (2013) avaliando os benefícios do uso de extrato de algas na produção quantitativa e qualitativa em mangueira Hindy Bisinnara, identificou que nos tratamentos com extrato de algas ocorreu uma superioridade na produção quando comparado com o tratamento com ausência do extrato, e essa superioridade foi atribuída ao aumento da citocinina no frutos, isso pelo aumento da translocação do hormônio da raiz para o fruto; ou pelo fornecimento do hormônio que se encontra presente na composição do extrato; ou ainda pela promoção da síntese de citocinina endógena nos frutos; pois as citocininas regulam a divisão e diferenciação celular em certos tecidos vegetais e participam em vários processos de desenvolvimento como a senescência, a fotossíntese e a formação de flores (FRANKENBERGER et al., 1995).

4 CONCLUSÃO

Portanto, o fornecimento exógeno de prolina e extrato de algas a base de *Ascophyllum nodosum* promoveu respostas distintas nas plantas de mangueira cv. Tommy Atkins durante o período de redução da lâmina de irrigação, sendo que a presença do *Ascophyllum* foi responsável por incrementos nas variáveis de produção.

4 REFERÊNCIAS

- ABDALLAH, M.M.S.; EL-BASSIOUNY, H. M. S. Impact of exogenous proline or tyrosine on growth, some biochemical aspects and yield components of quinoa plant grown in sandy soil. **International Journal of Pharm Tech Research**, v. 9, n. 7, 2016.
- ABDELHAMID, M. T.; RADY, M. M.; OSMAN, A. S.; ABDALLA, M. A. Exogenous application of proline alleviates saltinduced oxidative stress in *Phaseolus vulgaris* L. **Plants. Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 88, n. 4, p. 439–446. 2013.
- AHMED, C. B.; ROUINA, B. B.; SENSOY, S. Exogenous proline effects on photosynthetic performance and antioxidant defense system of young olive tree. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Washington, v. 58, n. 7, p. 4216-4222, mar. 2010.

- ALIA.; SARADHI, P. P.; MOHANTY, P. Involvement of proline in protecting thylakoid membranes against free radical-induced photodamage. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 38, n. 2-3, p. 253-257, 1997.
- ARAÚJO, D. O.; MORAES, J. A. A.; CARVALHO, J. L. M. Fatores determinantes na mudança do padrão de produção e consumo da manga no mercado nacional. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**. Maringá, v. 10, Ed. Especial, p. 51-73, mai. 2017.
- ASHRAF, M. F. M. R.; FOOLAD, M. R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress. resistance. **Environmental and experimental botany**, v. 59, n. 2, p. 206-216, 2007.
- BATES, L. S. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Short communication**, Plant and Soil, v. 39, ed. 1, p. 205-207, 1973.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 3ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247p.
- BATTACHARYYA, D.; BABGOHARI, M. Z.; RATHOR, P.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**. v. 196, p. 39–48. nov. 2015.
- BOURSIAC, Y.; LÉLAN, S., FAILLIE, C.C.; GOJON, A.; KROUK, G., LACOMBE, B. ABA transport and transporters. **Trends in plant science**, v. 18, n. 6, p. 325-333, 2013.
- BRADÁČOVÁ, K.; WEBER, N. F.; MORAD-TALAB, N.; ASSIM, M.; IMRAN, M.; WEINMANN, M.; NEUMANN G. Micronutrients (Zn/Mn), seaweed extracts, and plant growth-promoting bacteria as cold-stress protectants in maize. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**. v. 3, n. 1, dez. 2016.
- BUTT, M.; AYYUB, C. M.; AMJAD, M.; AHMAD, R. Proline application enhances growth of chilli by improving physiological and biochemical attributes under salt stress. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**. v. 53, n. 1, p. 43-49. mar. 2016.
- CARVALHO, M. E. A.; CASTRO, P. R. C. Extratos de algas e suas aplicações na agricultura. **Série Produtor Rural**, v. 56, p. 58p, 2014.
- CASTILLEJO, N.; MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, G. B.; GOFFI, V.; GÓMEZ, P. A.; AGUAYO, E.; ARTÉSA, F.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. Natural vitamin B12 and fucose supplementation of green smoothies with edible algae and related quality changes during their shelf life. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 98, n. 6, p. 2411-2421. abr. 2018.
- CHERNANE, H.; LATIQUE, S.; MANSORI, M.; KAOUA, M. E. Salt stress tolerance and antioxidative mechanisms in wheat plants (*Triticum durum* L.) by seaweed extracts application. **J Agricul Vet Sci**, v. 8, n. 1, p. 36-44, 2015.

- CHOUDHURY, F. K.; RIVERO, R. M.; BLUMWALD, E.; MITTLER, R. Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. **The Plant Journal**. v. 90, n. 2, p. 856-867. jun. 2017.
- CRAIGIE, J. S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**. Galway, v. 23, n. 3, p. 371-393. jun. 2011.
- DAWOOD, M. G.; TAIE, H. A. A.; NASSAR, R. M. A.; ABDELHAMID, M. T.; SCHMIDHALTER, U. The changes induced in the physiological, biochemical and anatomical characteristics of *Vicia faba* by the exogenous application of proline under seawater stress. **South African Journal of Botany**, v. 93, p. 54-63, 2014.
- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, ed. 3, p. 350-356, 1956.
- FAOSTAT. **Dados de quantidade de produção mundial**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 03 de jul. 2018.
- FILGUEIRAS, H. A. C. Colheita e manuseio pós-colheita. In: FILGUEIRAS, H.A.C; CUNHA, A. (Org). **Frutas do Brasil: Manga Pós-colheita**. Fortaleza: Embrapa Agroindustria Tropical, p. 22-25, 2000.
- FRANKENBERGER, J.R; WILLIAM, T.; MUHAMMAD, A. Phytohormones in soils: microbial production and function. **Marcel Dekker Inc**. 1995.
- FRIONI, T.; SABBATINI, P.; TOMBESI, S.; NORRIE, J.; PONI, S.; GATTI, M.; PALLIOTTI, A. Effects of a biostimulant derived from the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* on ripening dynamics and fruit quality of grapevines. **Scientia Horticulturae**. v. 232, p. 97-106. fev. 2018.
- GENÚ, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. (Ed.) **A cultura da mangueira**. Brasília: EMBRAPA, p. 452, 2002.
- HAMILTON, E.W.; HECKATHORN, S.A. Mitochondrial adaptation to NaCl. Complex I is protected by anti oxidants and small heat shock proteins, where as complex II is protected by proline and betaine. **PlantPhysiol**. v. 126, p. 1266–1274, 2001.
- HARE, P. D.; CRESS, W. A.; VAN STADEN, J.; BOTHA, C. E. J. Disruptive effects of exogenous proline on chloroplast and mitochondrial ultrastructure in *Arabidopsis* leaves. **South African journal of botany**, v. 68, n. 3, p. 393-396, 2002.
- HASSANEIN, R. A.; BASSUONY, F. M.; BARAKA, D. M.; KHALIL, R. R. Physiological effects of nicotinamide and ascorbic acid on *Zea mays* plant grown under salinity stress. 1-

Changes in growth, some relevant metabolic activities and oxidative defense systems. **Res J Agric Biol Sci**, v. 5, n. 1, p. 72-81, 2009.

IBGE. **Dados de produção brasileira de manga**. Disponível em: <

<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613> >. Acesso em: 03 de jul. 2018.

JAYARAJ, J.; WAN, A.; RAHMAN, M.; PUNJA, Z. K. Seaweed extract reduces foliar fungal diseases on carrot. **Crop Protection**. v. 27, n. 10, p. 1360–1366. out. 2008.

KANAYAMA, Y.; KOCHETOV, A002E' (Ed.). **Abiotic stress biology in horticultural plants**. Springer, 2015.

KASIM, Wedad A. et al. Influence of seaweed extracts on the growth, some metabolic activities and yield of wheat grown under drought stress. **Int J Agri Agri**, v. 7, p. 173-189, 2015.

KAUSHAL, N.; GUPTA, K.; BHANDHARI, K.; KUMAR, S.; THAKUR, P.; NAYYAR, H. Proline induces heat tolerance in chickpea (*Cicer arietinum L.*) plants by protecting vital enzymes of carbono and antioxidative metabolism. **Physiol. Mol. Biol.Plants**. v. 17, p. 203–213. 2011.

KHAN, W.; RAYIRATH, U. P.; SUBRAMANIAN, S.; JITHESH, M. N.; RAYORATH, P.; HODGES, D. M.; CRITCHLEY, A. T.; CRAIGIE, J. S.; NORRIE, J.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 28, n. 4, p. 386-399, 2009.

LICHTENTHALER, H. K.; BUSCHMANN, C. **Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy**. Current Protocols in Food Analytical Chemistry, v.11, p. 431-438, 2001.

LOPES, P. R. C.; HAJI, F. N. P.; MOREIRA, A. N.; MATTOS, M. A. A. Normas técnicas e documentos de acompanhamento da Produção Integrada de Manga. **Embrapa Semi-Árido**. Petrolina, v. 183, p. 72. jun. 2003.

LU, K.X.; CAO, B.H.; FENG, X.P.; HE, Y.; JIANG, D.A. Photosynthetic response of salt-tolerant and sensitive soybean varieties. **Photosynthetica**, v. 47, n. 3, p. 381-387, 2009.

MANAF, H. H. Beneficial effects of exogenous selenium, glycine betaine and seaweed extract on salt stressed cowpea plant. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 61, n. 1, p. 41-48, 2016.

MANSORI, Mounir et al. Seaweed extract effect on water deficit and antioxidative mechanisms in bean plants (*Phaseolus vulgaris L.*). **Journal of applied phycology**, v. 27, n. 4, p. 1689-1698, 2015.

MAPA. AGROSTAT – Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio

Brasileiro. Disponível em: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>>. Acesso em: 05 de jul. 2018.

MITTLER, R.; BLUMWALD, E. The roles of ROS and ABA in systemic acquired acclimation. **The Plant Cell**, p. tpc. 114.133090, 2015.

MOHAMED, A.Y.; EL-SEHRAWY, O.A.M. Effect of seaweed extract on fruiting of Hindy Bisinnara mango trees. **Journal of American Science**, v. 9, n. 6, p. 537-544, 2013.

MOUSTAKAS, M.; SPERDOULI, I.; KOUNA, T.; ANTONOPOULOU, C. I.; THERIOS, I. Exogenous proline induces soluble sugar accumulation and alleviates drought stress effects on photosystem II functioning of Arabidopsis thaliana leaves. **Plant Growth Regulation**, v. 65, n. 2, p. 315, 2011.

NASCIMENTO, C. P. E.; GIONGO, V.; SILVA, D. J. Caracterização de Atributos Físicos de Solos Cultivados com Videira e Mangueira no Submédio São Francisco. **Anais da XII Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semiárido**, p. 111, 2017.

SHAHBAZ, M.; MUSHTAQ, Z.; ANDAZ, F.; MASOOD, A. Does proline application ameliorate adverse effects of salt stress on growth, ions and photosynthetic ability of eggplant (*Solanum melongena* L.)?. **Scientia Horticulturae**. v. 164, p. 507–511. dec. 2013.

SILVA, D. J.; QUAGGIO, J. A.; PINTO, P. A. C.; PINTO, A. C. Q.; MAGALHÃES, A. F. J. Nutrição e adubação. In: GENU, P. J. C.; PINTO, C. A. Q. (Ed.). **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.191-222, 2002.

SZABADOS, L.; SAVOURÉ, A. Proline: a multifunctional amino acid. **Trends in Plant Science**. Kidlington, v. 15, n. 2, p. 89-97. dec. 2009.

THAKUR, P. S.; THAKUR, A.; RAI, V. K. Reversal of stomatal closure in *Commelina communis* L. by exogenous amino acids and their interaction with stress and abscisic acid. **Biochemie und Physiologie der Pflanzen**, v. 183, n. 1, p. 37-43, 1988.

TROVATO, M.; MATTIOLI, R.; COSTANTINO, P. Multiple roles of proline in plant stress tolerance and development. **Rendiconti Lincei Scienze Fisiche e Naturali**. v. 19, n. 4, p. 325-346. dec. 2008.

WALLY, O. S. D.; CRITCHLEY, A. T.; HILTZ, D.; CRAIGIE, J. S.; HAN, X.; ZAHARIA, L. I.; ABRAMS, S. R.; PRITHIVIRAJ, B. Regulation of phytohormone biosynthesis and accumulation in arabidopsis following treatment with commercial extract from the marine macroalga *Ascophyllum nodosum*. **Journal of Plant Growth Regulation**. v. 32, n. 2, p. 324–339. jun. 2013.

WANI, A. S.; AHMAD, A.; HAYAT, S.; TAHIR, I. Is foliar spray of proline sufficient for mitigation of salt stress in *Brassica juncea* cultivars?. **Environmental Science and Pollution Research**. v. 23, n. 13, p. 13413–13423, mar. 2016.

WU, G. Q.; FENG, R. J., LI, S. J.; DU, Y. Y.. Exogenous application of proline alleviates salt-induced toxicity in sainfoin seedlings. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 27, n. 1, p. 246-251, 2017.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C. **Determination of amino acids with ninhydrin**. Analyst, v. 80, ed. 948, p. 209-213, 1955.

ZHAO, D.; OOSTERHUIS, D. M.; BEDNARZ, C. W. Influence of potassium deficiency on photosynthesis, chlorophyll content, and chloroplast ultrastructure of cotton plants. **Photosynthetica**, v. 39, n. 1, p. 103-109, 2001.

ZOUARI, M.; AHMED, C. B.; ELLOUMI, N.; BELLASSOUED, K.; DELMAIL, D., Labrousse, P., ... & Rouina, B. B Impact of proline application on cadmium accumulation, mineral nutrition and enzymatic antioxidant defense system of *Olea europaea* L. cv Chemlali exposed to cadmium stress. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 128, p. 195-205, 2016.